الجامعة التونسية

دار المعلمين العليا للتعليم التقني بتونس

UNIVERSITE DE TUNIS

ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE A TUNIS

MEMOIRE TECHNIQUE

STABILISATEUR DE TENSION

A SERVO - MOTEUR

- ENTREE 220 ± 20%
- SORTIE 220 ± 1,5%

2KVA

Dirigé par : Mer SBAI .A.

RAJHI .H.

Etudié par : FE4

KCHICH .N.

1985 .1986

Remerciements

Ayant achevé l'étude et la réalisation de ce mémoire techniqu nous exprimons notre profonde gratitude à Monsieur SBAI qui la dérigé, qui nous a constamment guidé tout le long de notre travail sans ménager ses conseils et ses encouragements.

Nous tenons à remercier également Monsieur HADJ LAOURINE pour l'aide qui nous apporté durant toute l'année et ses précieux conseils qui nous ont aidé à surmonter pas mal de difficultés.

En fin, nous adressons nos remerciements à Monsieur RIDANE, pour ses interventions à fin de résoudre nos problèmes de materiels.

Je remercie également tout ceux qui ont contribué à la bonne marche de ce memoire.

SOMMAIRES

STABILISATION

NOTIONS SUR DIFFERENTS TYPES DE STABILISATEURS

STABILISATEUR A COMMANDE PAR TRIACS

STABILISATEUR A SATURATION MAGNETIQUE

STABILISATEUR A SERVO-MOTEUR

PRINCIPE DE EONCTIONNEMENT

SCHEMA SYNOPTIOUE

ALIMENTATION STABILISEE

CALCUL DU TRANSFORMATEUR

ASSERVISSEMENT

SCHEMA SYNOPTIOUE

COMPARAISON AMPLI OP

AMPLIFICATEUR A SEUIL

AMPLIFICATEUR DE PUISSANCE

CHAINE DE RETOUR

CHOIX DU MOTEUR

NOTIONS SUR DIFFERENTS MOTEURS A CC

MOTEUR A AIMANT PERMANENT

ETUDE DU MOTEUR

CHOIX DU BRANCHEMENT

CIRCUIT DE COMMANDE

INSPECTEUR DE TENSION

CONCLUSION

STABILISATION

La tension du reseau subit des variations remarquables que certains appareils ne peuvent pas les supporter, donc on est obligé à prevoir des régulateurs qui agissent automatiquement sur la tension en charge pour la ramener à la valeur prevue.

De ce fait, la stabilisation de tension est alors une fonction essentielle en électronique ou en électrotechnique, son usage se généralise, elle devient l'indisponsable facteur de qualité de la plupart des équipements de contrôle ou de mesure.

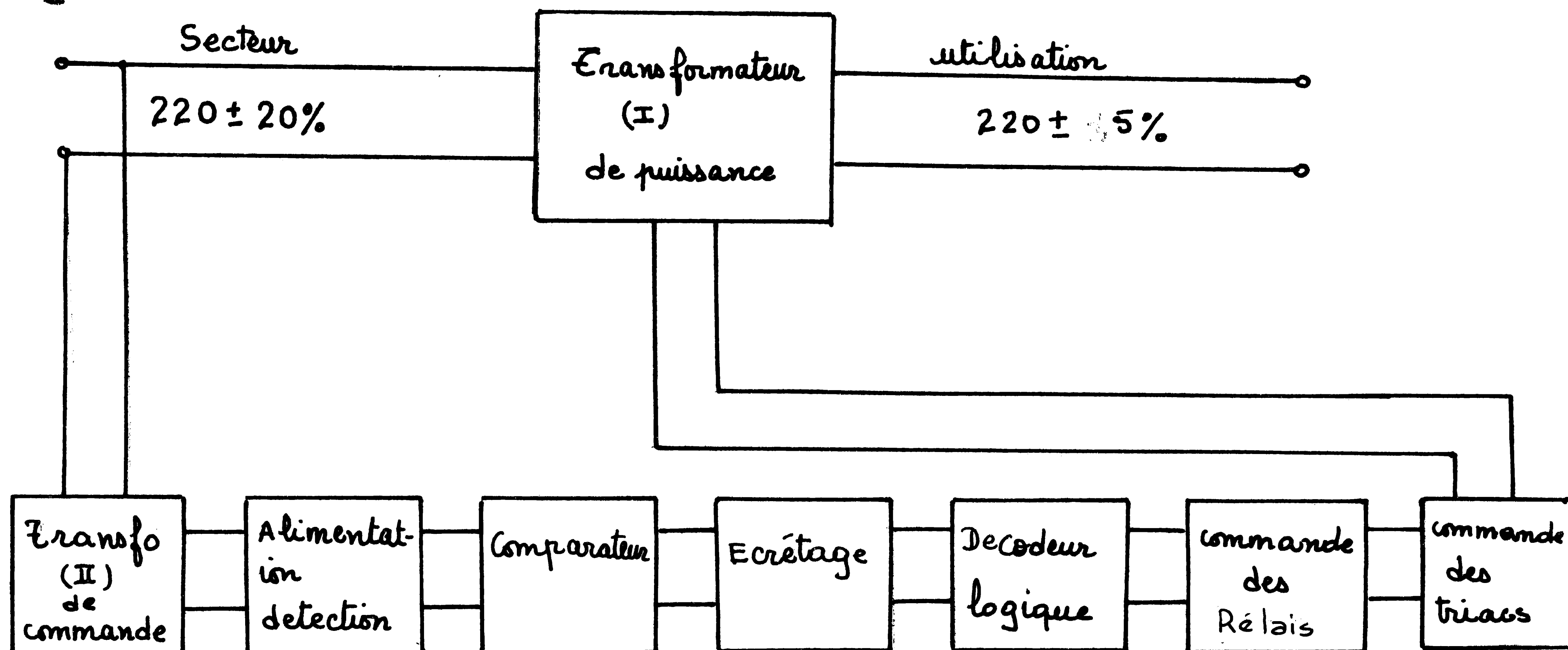
Il existe deux familles de stabilisateurs automatiques de tension alternative.

- Les stabilisateurs de tension à saturation magnétique
- Les stabilisateurs de tension à servo-moteur.

Definir un stabilisateur, revient à repondre aux arguments suivants :

- a - Gamme de variation de la tension secteur
- b - Definition de la ou des tensions stabilisées nécessaires
- c - Tolerences concédées pour la stabilisation
- d - Charge maximale en Volts. Amperes
- e - facteur de puissance de la charge
- f - Variation de charge et de facteur de puissance
- g - Cycle de fonctionnement (continue ou intermittent)
- h - frequence secteur et stabilité de cette frequence.

STABILISATEUR A COMMANDE PAR TRIACS



SYNOPTIQUE DU STABILISATEUR

Ce stabilisateur automatique à commande électronique se compose de huit parties essentielles:

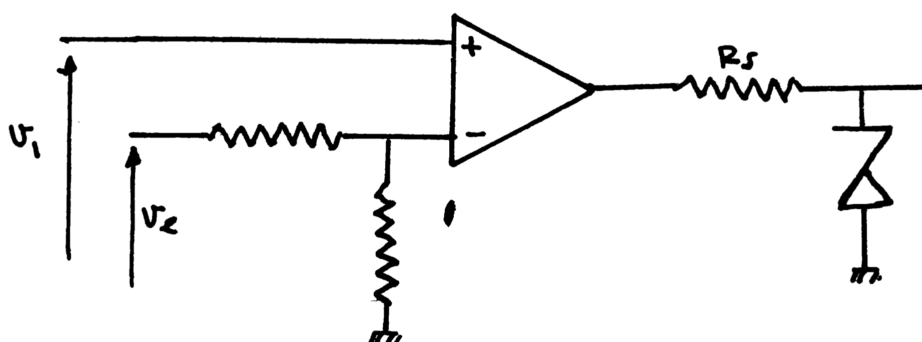
Par l'intermédiaire du transformateur (II) de commande, on détecte la variation du réseau suivant un rapport de transformation K_{II}. Cette variation est amplifiée, comparée par rapport à une tension de référence fixe correspondante à une tension de réseau.

A la sortie des comparateurs, on utilise un décodeur logique assurant un verrouillage électrique, pour éviter les court-circuits dans le primaire du transformateur de puissance (I)

A la suite des blocs logiques, les transistors de commutation servent à l'alimentation des bobines des relais qui à leurs tours commandent les gachettes des triacs.

Selon la tension du secteur, le primaire du transformateur (I) est fermé sur un nombre de spires additives ou soustractives assurant entre les bobines de son secondaire une tension stabilisée.

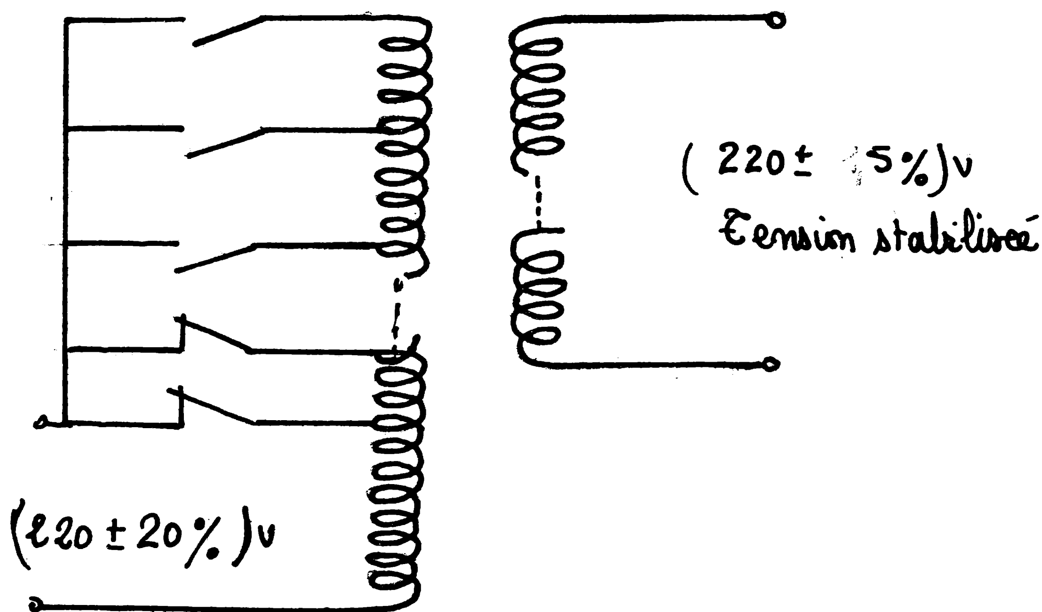
L'écrêtage consiste à abaisser la valeur de la tension de sortie d'un amplificateur opérationnel à l'état saturé et supprimer la tension négative à l'état bloqué



Comparaison - Ecrêtage

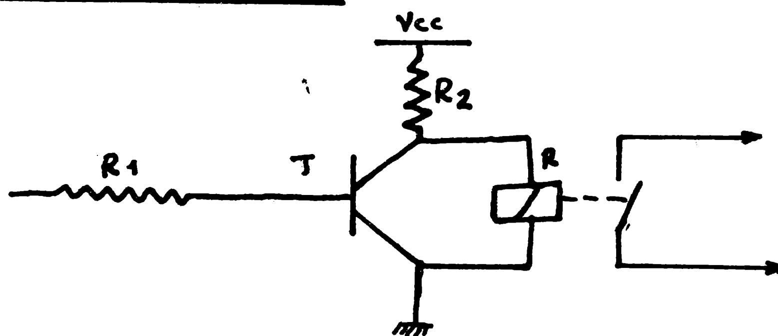
Le fonctionnement des comparateurs suit une loi linéaire, le declanchement des relais se fait l'une aprés l'autre et commence par la bobine correspondante à la valeur de la tension du reseau la plus basse. Au fur et à mesure que la tension du reseau augmente, on a un certain nombre de relais qui vont être alimentés.

Dans le cas où on a deux, alimentés, on aura une portion des spires additives court-circutées



Pour éviter ces court-circuits, on place un decodeur logique entre les comparatéurs et les relais de façon à avoir un seul relais en fonctionnement pour une plage de variation determineé de la tension secteur.

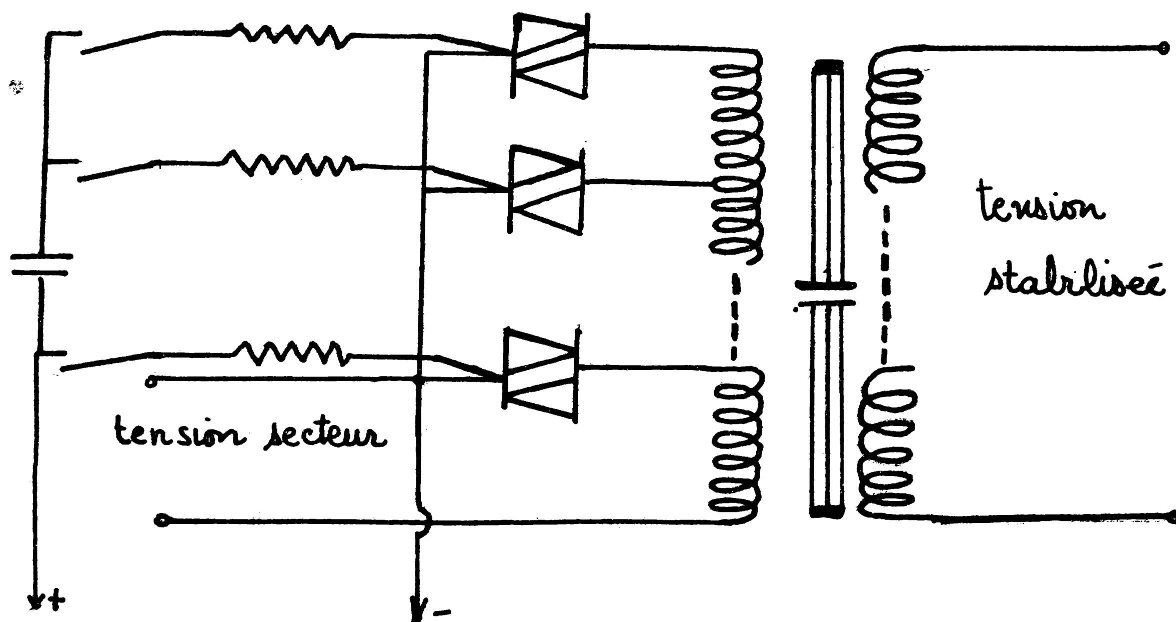
- Commande des relais



Pendant la commutation, l'énergie électromagnétique emmagasinée dans le circuit doit pouvoir se libérer lors de la coupure du circuit. Pour pouvoir la consommer, l'appareil de coupure est appelé à convertir soit en énergie électrostatique soit en énergie calorifique.

En général, la convertion se fait en énergie calorifique, sous forme d'arc électrique qui provoque l'usure et la détérioration des contacts. Pour améliorer la solution, on remplace les relais de commutation du primaire du transformateur de puissance par des triacs dont leurs gachettes sont commandées par des relais.

Une fois la bobine du relais est exétée, elle attire son contact ouvert au repos qui alimente à son tour la gachette du triac, ce dernier sera passant tant que la gachette est sous tension.



On alimente la gachette par un autre transformateur pour isoler le circuit de commande au circuit de puissance.

STABILISATEUR à SATURATION MAGNETIQ

Considerons une inductance à circuit magnétique fermé L_z, si U_2 la tension éfficace à ces bornes et I, le courant qui la parcourt, en négligeant sa resistance ohmique on peut écire

$$U_2 = L_z \omega I \Rightarrow L_z = \frac{U_2}{\omega I}$$

L_z: coefficent de self induction de cette inductance

on a $H = \frac{NI}{l}$; $B = \mu H$; $\phi = L_z I = BNS$

on aura : $B = \mu \frac{NI}{l}$

donc $L_z = \frac{BNS}{I} = \frac{\mu N^2 I S}{l I}$

$$L_z = \frac{\mu N^2 S}{l} = K\mu.$$

et $\mu = \frac{B}{H}$

μ: permeabilité du materiau magnétique utilisé

soit figures 1 et 2 les courbes caracteristiques de ce materiau

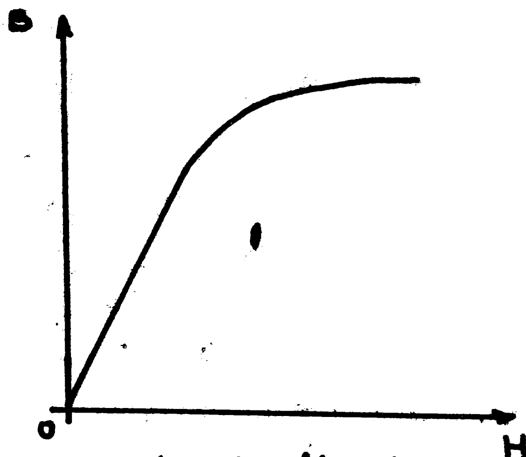


fig1 : courbe de l'induction en fonction du champ pour un materiau donné

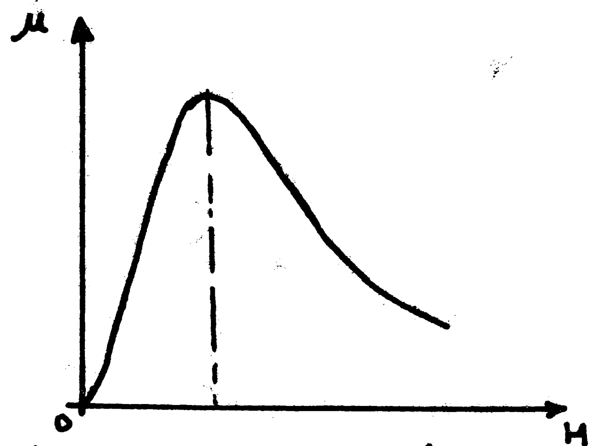


fig2 : Courbe de la permeabilité en fonction du champ

Nous constatons qu'à partir de la coude de saturation, une forte variation de H n'entraine qu'une faible variation de B, à ce niveau μ diminue quand H augmente par suite L_z

diminue quand I augmente.

Une augmentation ΔU_2 de U_2 lorsque le fer est saturé entraîne donc une variation ΔI telle que

$$\frac{\Delta I}{I} \gg \frac{\Delta U_2}{U_2} \quad \text{car on a}$$

$$I = \frac{U_2}{L_\tau \omega} \quad , \quad \Delta I = \frac{\Delta U_2}{\Delta L_\tau \omega}$$

$$I + \Delta I = \frac{U_2 + \Delta U_2}{\omega (L_\tau + \Delta L_\tau)}$$

C'est de cette propriété que découle la fonction de stabilisation des tensions alternatives à partir d'une saturation magnétique.

En effet, avec une telle inductance, plaçons en série une impédance Z_L et appliquons aux bornes de l'ensemble une tension U_1 et soit U_2 la tension aux bornes de L_τ et U' la tension aux bornes de L

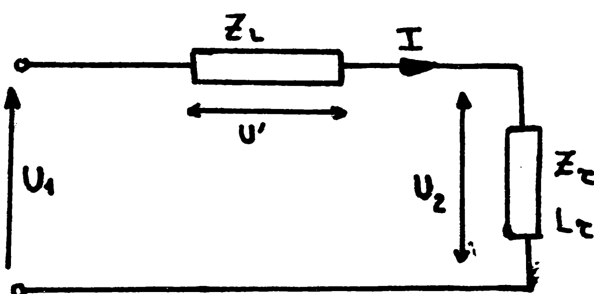


schéma de principe d'un stabilisateur à fer saturé.

L : inductance pure $Z_L = L\omega$

Les tensions aux bornes sont :

$$U' = L\omega I$$

$$U_2 = L_\tau \omega I$$

Elles sont en phase et l'on peut écrire

$$U_1 = U' + U_2$$

Toute augmentation ΔU_1 entraine une augmentation ΔI et la self L_τ diminue de ΔL_τ ; Il s'en suit

$$\Delta U_2 = L_\tau \omega \Delta I - \Delta L_\tau \omega I$$

$$\frac{\Delta U_2}{U_2} = \frac{\Delta I}{I} - \frac{\Delta L_\tau}{L_\tau}$$

et
$$\Delta U_1 = (L\omega + L_\tau \omega)\Delta I - \Delta L_\tau \omega I$$

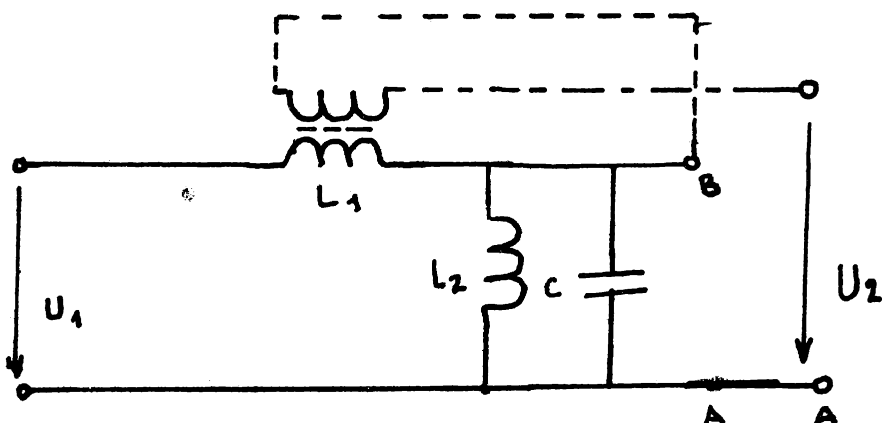
$$\frac{\Delta U_1}{U_1} = \frac{\Delta I}{I} - \frac{\Delta L_\tau}{L + L_\tau}$$

On voit donc que $\frac{\Delta U_1}{U_1} > \frac{\Delta U_2}{U_2}$

Ce qui engendre bien l'effet stabilisateur.

En effet, une des rares exploitations du phenomène de ferroresonnar est l'utilisation des stabilisateurs à saturation magnétique

Le montage de principe est donné par la figure suivante.



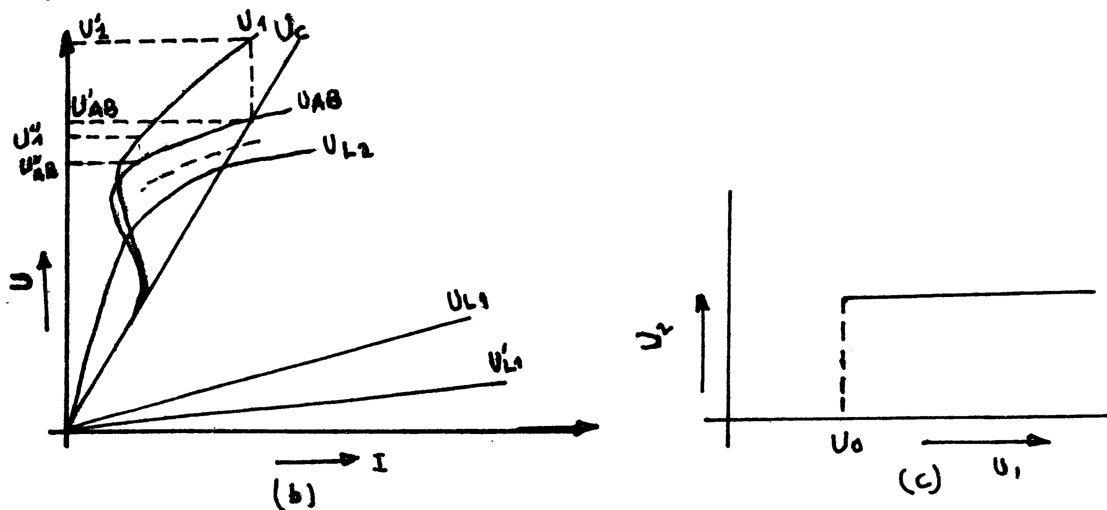
L_1 est une self lineaire et L_2 est une self saturable.

c est un condensateur.

Une étude primaire de la tension de sortie U_2 en fonction de la tension d'entrée U_1, permet de constater que la tension U_2 reste pratiquement stable à partir d'une certaine valeur U_0 de la tension d'entrée U_1.

Le montage ainsi constitué permet de prevoir une bonne stabilisati

et offre l'avantage de régler instantanément la tension d'entrée fig b etc.



Ce type de stabilisateur présente un inconvenient majeur pouvant gravement nuire aux appareils alimentés.

En effet, étant donné le systeme, non linéaire ainsi constitué, la tension de sortie se trouve souvent perturbée et rarement sinusoïdale. Plusieurs régimes harmoniques et sousharmoniques peuvent avoir lieu. Parfoi cette tension n'est même pas périodique

Pour toutes ces raisons ce type de stabilisateur est à notre avis sans grand interrêt

STABILISATEUR de TENSION à SERVO-MOTEUR

Introduction

C'est un appareil qui assure la stabilisation à ± 1,5% de la tension d'utilisation devant des variations de celle du secteur allant jusqu'à ± 20%.

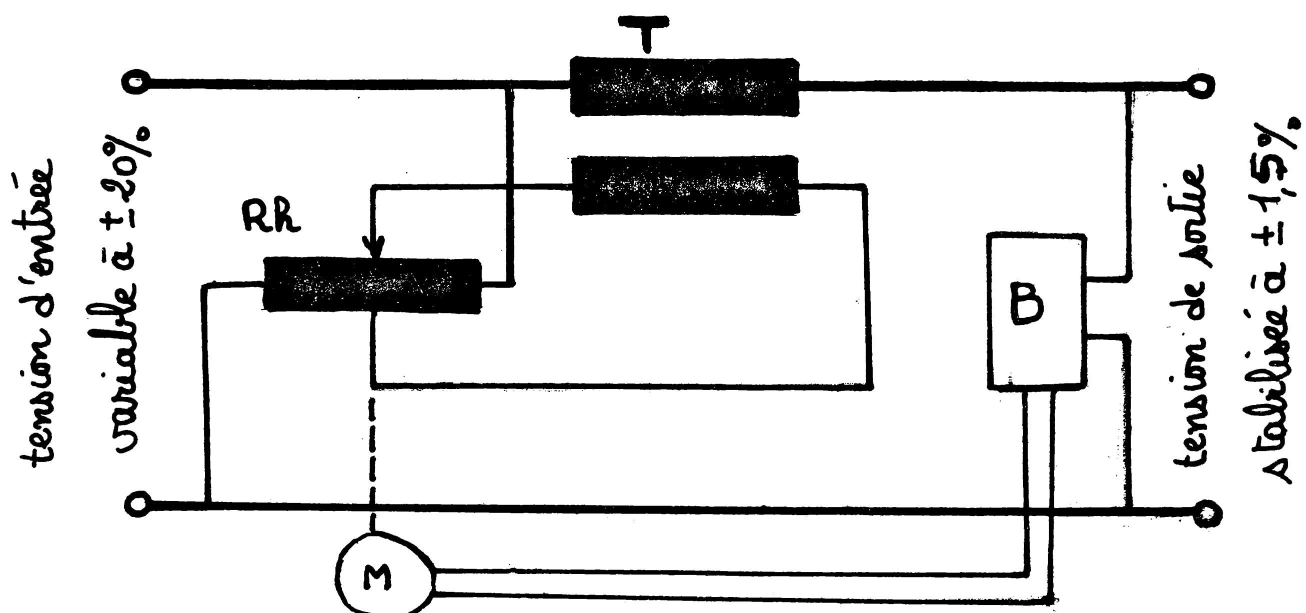
Il utilise comme éléments de base:

- Un autotransformateur
- Un transformateur survolteur dévolteur
- Une balance voltmétrique (système d'asservissement)
- Un moteur à courant continu.

Principe de fonctionnement

C'est un système de stabilisation automatique (par asservissement à tension additive ou soustractive à la tension du reseau.)

Les bornes de tension de sortie stabilisée sont raccordées l'une directement à la bornes reseau, l'autre également à la seconde borne reseau par l'intermediaire du secondaire d'un transformateur survolteur devolteur.



B : balance voltmetrique (système d'asservissement)
Rh : autotransformateur variable
T : transformateur
M : Moteur à courant continu

La balance voltmétrique compare constamment la tension de sortie à une tension de référence. Pour tout écart par rapport à la reference, la balance déclanche la rotation du servo-moteur entrainant l'autotransformateur variable dans le sens nécéssaire à la correction de l'écart mesuré. Cette correction est adaptée par le transformateur dont son secondaire est branché en serie

L'organe essentiel dans cet appareil est donc la balance qui est un dispositif entierement électronique comprenant une alimentation stabilisée, une référence stable, une entrée pour la tension à contrôler proportionnelle à celle du reseau, Un amplificateur pour la commande du moteur et un comparateur amplificateur.

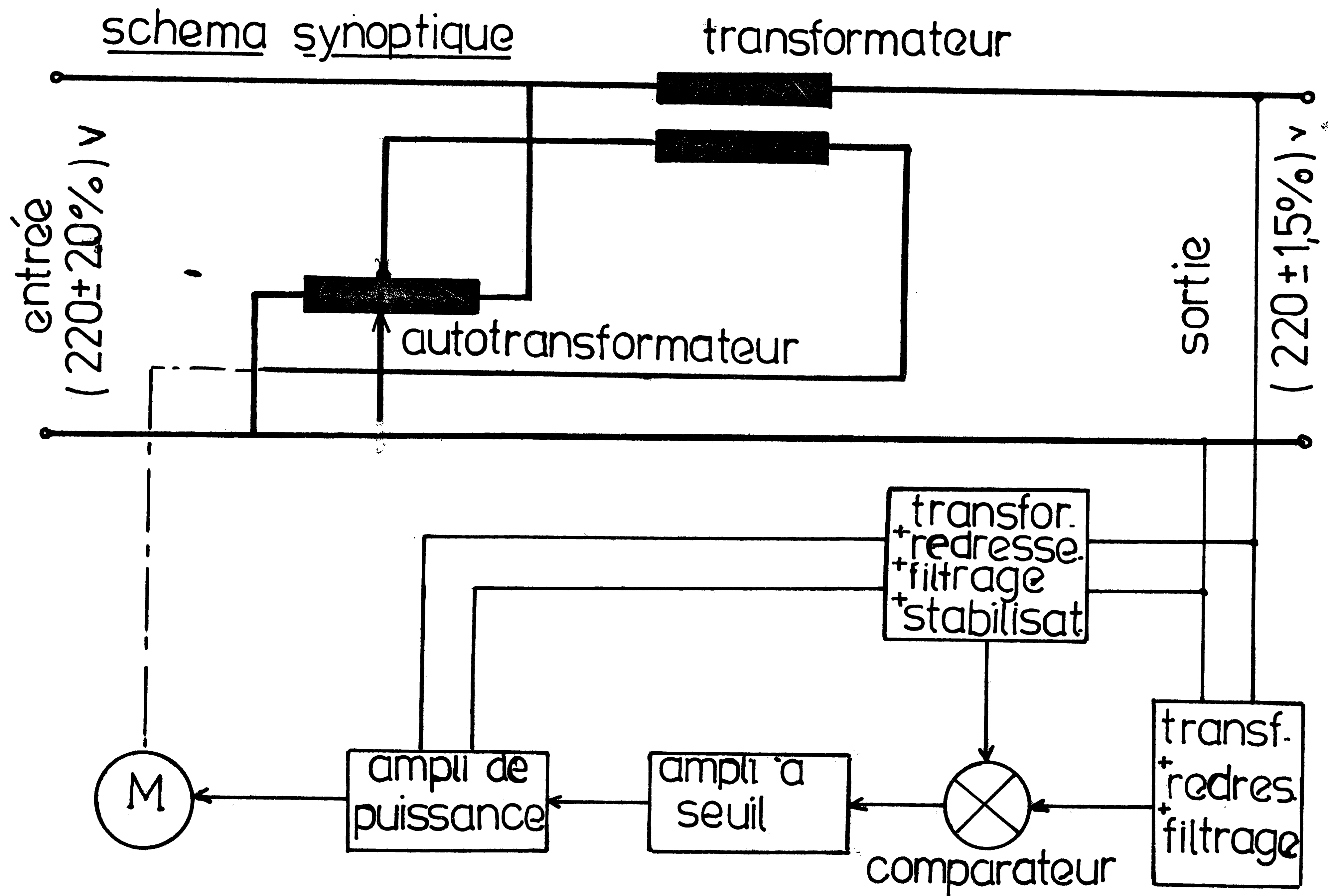
La tension à contrôler, après redressement et filtrage, est comparée à la tension de consigne réglable, l'erreur est amplifiée par le comparateur amplificateur, cette amplification est appliquée à un prés amplificateur à seuil, dès que le niveau dépasse une tension réglable, le préamplificateur sort un signal positif ou négatif par rapport à la masse appliquée à la base du transistor, la tension de sortie est alors utilisée pour entraîner le dispositif à servo-moteur, deplaçant le curseur de l'autotransformateur variable.

Le transformateur survolteur devolteur est alimenté au primaire par la tension de sortie de l'autotransformateur variable. Le secondaire raccordé en serie dans un fil de ligne d'une valeur proportionnelle à la tension appliquée au primaire.

Schéma synoptique de fonctionnement

On designe par:

- Ve : tension du secteur appliqueé à l'entreé de l'autotransformateur.
- VR : tension de réference, obtenue à partir de la tension secteur aprés avoir être, transformeé, redresseé, filtrée puis stabiliseé.
- Vé : tension, transformeé, redresseé, filtrée qui est variable, obtenue à partir de la tension sortie du stabilisateur
- Vs : tension sortie du stabilisateur


schema synoptique
transformateur
entrée
(220±20%) v
autotransformateur
sortie
(220±1,5%) v
transfor.
+redresse.
+filtrage
+stabilisat.
M
ampli de puissance
ampli à seuil
comparateur
transf.
+redres.
+filtrage

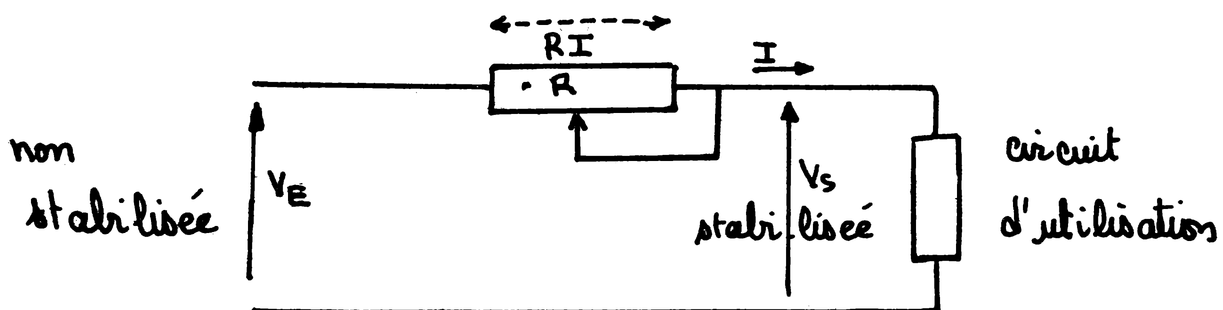
ALIMENTATION STABILISEE

Le rôle d'une alimentation stabilisée continue est de fournir une tension constante quel que soit le courant demandé, et independante des variation du secteur.

Outre cet avantage d'avoir à sa disposition une tension toujours constante, une alimentation stabilisée présente l'avantage de posséder une impédance interne excessivement faible.

Très schematiquement une alimentation stabilisée se presente comme sur la figure ci-dessous. La tension d'entrée V_E est appliquée au circuit d'utilisation à travers un élement régulateur qui pourrait être une resistance variable R dont la valeur serait reglée en fonction des variations du courant I ou de la tension non stabilisée V_E. Si cette tension V_E vient à augmenter, la resistance R doit croitre afin que la chute soit plus grande, compensant exactement la hausse de V_E. Autrement dit, la formule est

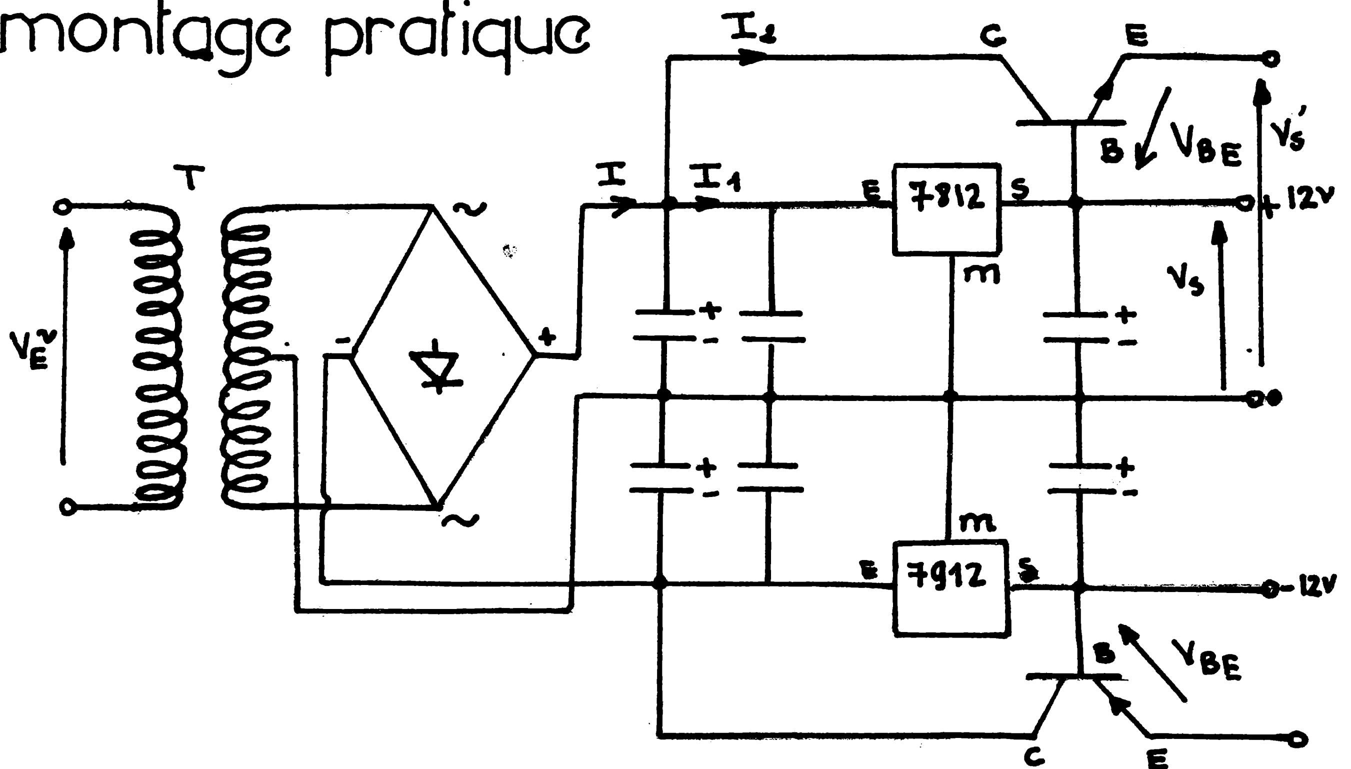
$$V_S = V_E - RI.$$



Representation très schematique d'une alimentation stabilisée.

La chute de tension RI compense la variation de V_E

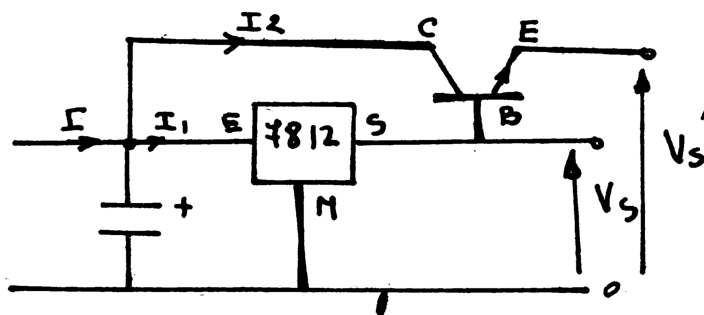
montage pratique



La tension transformée alternative est redressée à l'aide d'un pont de redressement, cette tension filtrée par les condensateurs de filtrage, attaque les regulateurs, on obtient à la sortie de ces derniers des tensions reglées à ± 12V

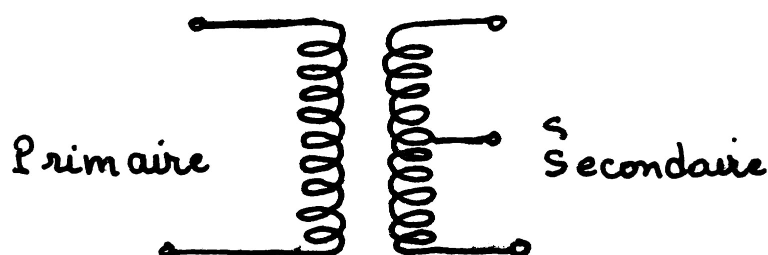
Les regulateurs utilisés supportent un courant de 1A, alors que le courant nécèssaire de la charge (Moteur) est de 3A donc on a interrêt à utiliser deux transistors montés en balast.

La sortie du régulateur attaque la base du transistor, l'amorcage de ce dernier permet le passage du courant I_2 à travers le collecteur.



CALCUL du TRANSFORMATEUR

Présentation



Bobinage

Le fil de cuivre est bobiné sur un support ou carcasse en matière isolante (plastique, carton pressé, press-pahn), on commence par les enroulements primaires du transformateur, puis on continue avec les enroulements secondaires. Les extremités des enroulements sont soudées sur des cosses fixées sur les joues de la carcasse isolante.

Isolement

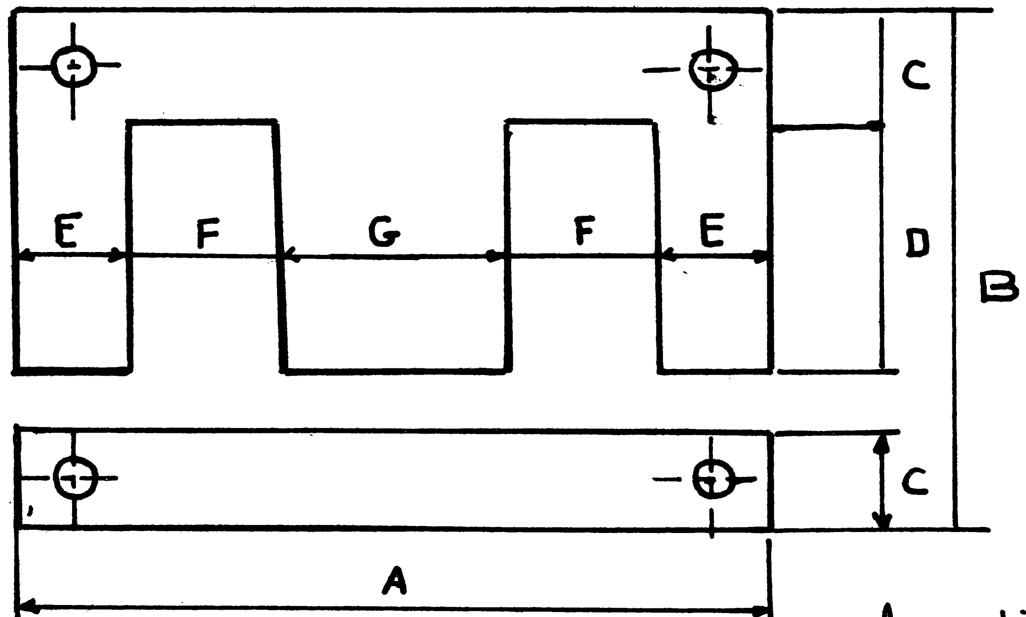
Les differents enroulements doivent être expressement isolés les uns des autres par une ou plusieurs couches de papiers diélectrique, press.pahn - Kraft,.. pour éviter tout court-circuit, de même pour chaque enroulement si le secondaire est à spires multiples.

Pour le press-pahn et le Kraft, la tension de claquage est de l'ordre de 8000V/mm.

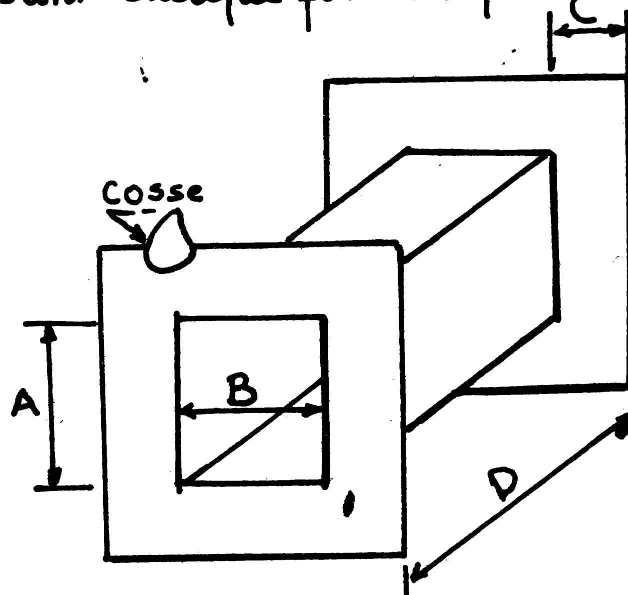
Circuit magnétique

Les circuits magnétiques généralement utilisés sont de type:

- Tôles à assembler en forme de "EI" au silicium.



La référence du circuit magnétique se désigne par le produit BxA. Parmi ces types de tôles, il faut encore distinguer deux sortes qui se différencient par leurs pertes : (2,6 w/kg, 1,6 kw/kg). Ces pertes sont en fonction de l'induction utilisée dans le circuit magnétique. Généralement, la réalisation du circuit magnétique se fait de façon à empiler des ensembles E+I les uns sur les autres en inversant chaque fois la position de E et de I



- Section du noyau A x B.
- Largeur de la fenêtre C

Si on désire que le transformateur délivre une puissance SVA il faut choisir une section Sa telle que :

$$S_a = 1{,}32\sqrt{S}$$
$$S_r = 1{,}2\sqrt{S}$$

Notre transformateur destiné à l'alimentation de l'alimentation stabilisée a les caractéristiques suivantes :

- tension primaire : 220 V
- Secondaire est de 24 V à point milieu
- Puissance apparente : S = 50VA.
- frequence : f = 50HZ
- Induction : B = 1T

Calcul :

-a- Circuit magnétique

$S_r = 1{,}2\sqrt{S} = 1{,}2\sqrt{50} = 8{,}48\,cm^2$, S_r : section réelle

$S_a = 1{,}32\sqrt{S} = 1{,}32\sqrt{50} = 9{,}33\,cm^2$

-b- Calcul des enroulements :

* côté primaire :

$$I_1 = \frac{S}{U_1} = \frac{50}{220} = 0{,}23\,A$$

Nombre de spires primaire N_1

$$N_1 = \frac{U_1}{4{,}44\,B\,f\,S_r} = \frac{220\cdot 10^4}{4{,}44\cdot 1\cdot 50\cdot 8{,}48} = 1168 \text{ spires}$$

Section du fil

- $S_1 = \frac{I_1}{J}$ J : densité d'après le Tableau J = 4A/mm²

$$S_1 = \frac{0{,}23}{4} = 0{,}057$$

$S_1 = \frac{\pi d^2}{4} \Leftrightarrow d = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}}$; d : diamètre du fil

$$d = 2\sqrt{\frac{0{,}057}{\pi}} = 0{,}3\,mm$$

* côté secondaire

$\Delta U_2 = 12\% \rightarrow U'_2 = U_2 + \Delta U_2$

$= 24 + 2,88 = 26,88 V$

- Nombre de spires secondaire

$$N_2 = \frac{U'_2}{4,44 f . B S r} = \frac{26,88 . 10^4}{4,44 . 50 . 8,48} = 127 \text{ spires}$$

- Courant secondaire

$$I_2 = \frac{S}{U_2} = \frac{50}{24} = 2,08 A$$

- Section du fil

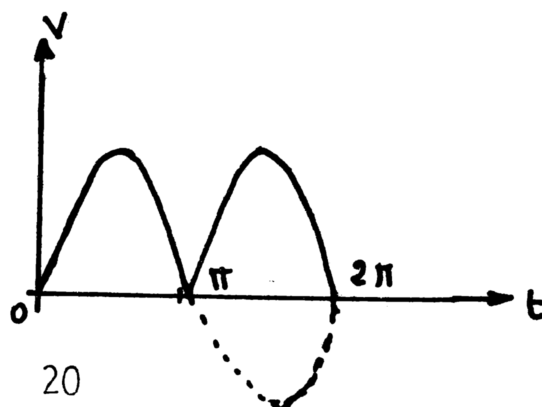
$$S = \frac{I_2}{J} = \frac{2,08}{4} = 0,52 \text{ mm}^2$$

- diamètre du fil

$$d = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{0,52}{\pi}} = 0,8 \text{ mm.}$$

Les tôles en forme de E et I d'épaisseur $e = 0,5$ mm.

Le redressement est assuré par un redresseur monobloc, dans ce cas de redressement double alternance la tension monte de 0 à Umax deux fois par période puisque l'alternance négative est ramenée du côté positif. Le signal de 50Hz fournit donc un signal périodique de 100Hz. La tension efficace redressée est toujours égale à $U_m / \sqrt{2}$



- Filtrage:

C'est le role des condensateur qui suivent le pont redresseur, nous obtenons une tension filtrée ayant la forme suivante:



- transformateur ā point milieu 24V 50VA, 50HZ.
- Pont redresseur monobloc 3A C 3200/2200
- deux condensateurs de filtrage 2200 µf 40V
- deux condensateurs chimiques
- deux condensateurs 15µf 25V
- Un regulateur positif 7812.
- Un regulateur négatif 7912
- deux transistors de puissance 2N 3055, 2N 2955

REGULATEURS

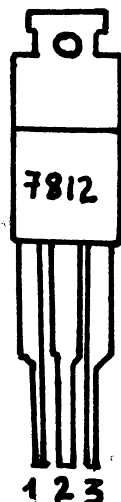
On a utilisé deux régulateurs 7812 (positif), 7912 (negatif) ces regulateurs permettent d'obtenir des tensions regulées fixe. Ils peuvent donc être utilisés pour de nombreuse applications ; régulation locale sur le circuit imprimés éliminant les problèmes de distributions, alimentation des circuits integrés (polarisation). Ces regulateurs peuvent fournir un courant superieur à 1A s'ils sont fixés sur un déssipateur approprié

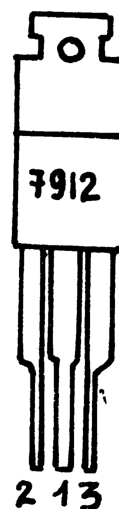
Les données principales de ce type de régulateur sont :

- Courant de sortie à 1A.
- Protection thermique interne contre les surcharges.
- Pas d'élement d'ajustage exterieur.
- Protection par l'aire de sécurité du transistor de sortie.
- limitation interne du courant de court-circuit.

brochage de ces régulateurs

régulateur positif , régulateur negatif





1: entrée

2: masse

3 : sortie

ASSERVISSEMENT

Notre système asservi est conçu de manière à corriger par lui même l'écart entre la valeur réelle du signal de sortie (position du curseur de l'alternostat) et la valeur desireé correspondant à la loi imposée à l'entrée (tension de référence V_R).

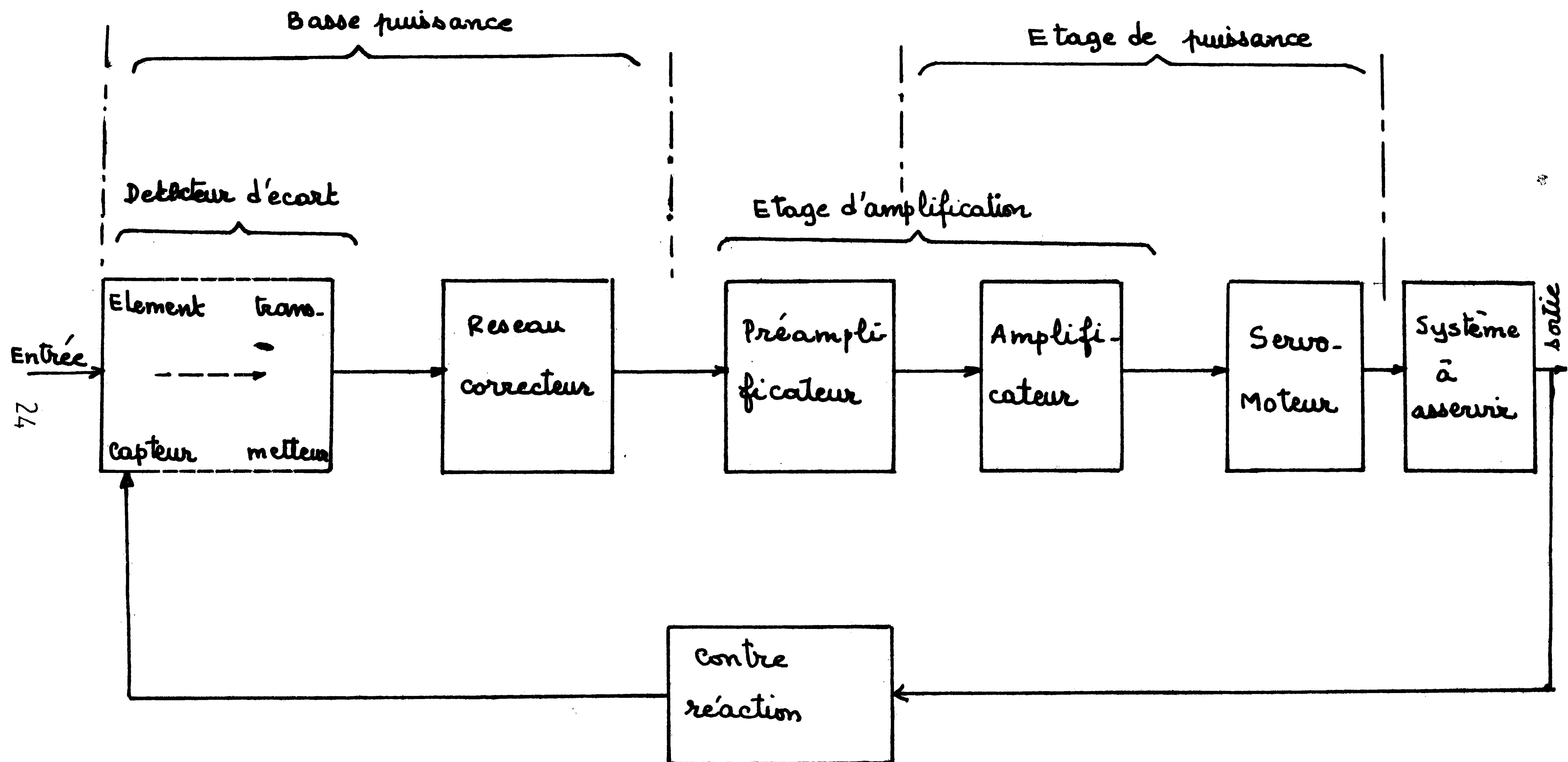
Donc un système asservi de position d'un moteur à courant continu est capable d'accomplir ces tâches que n'accomplirait jamais un système de commande banal, mais il ne faut pas oublier que cette possibilité est payeé par une complexité relativement plus grande.

Organes asservis de commande

On caractérise chaque composant par la fonction qu'il remplit, le rôle qu'il joue dans le fonctionnement de l'ensemble du système, il comprend des organes qui remplissent les mêmes fonctions fondamentales.

- Fonction de détection (détècteur)
- Fonction de compensation (réseau correcteur)
- Fonction d'amplification (amplificateur)
- Fonction d'éxcution (servo-moteur)
- Organe asservi (ou régulé) du système

Le système asservi se représente symboliquement par le schema ci-après.


Basse puissance
Etage de puissance
Detecteur d'ecart
Etage d'amplification
Entrée
Element trans-
capteur
metteur
Reseau
correcteur
Préampli-
ficateur
Amplifi-
cateur
Servo-
Moteur
Système
à
asservir
sortie
contre
réaction

COMPARAISON AMPLI OP

Les amplificateurs opérationnels sont utilisés sans difficultés comme amplificateur de servo-mecanisme, comparateurs, oscillateurs à faible distortion, multivibrateurs ou convertisseurs ondulaires.

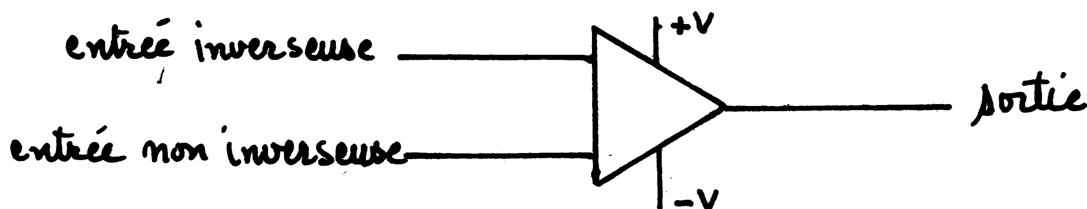
Ils peuvent effectuer avec souplesse un nombre quelconque d'opérations mathématiques sur les signaux qui lui sont appliq

- Additionner
- Soustraire
- Evaluer la moyenne
- Inverser
- Differencier
- Integrer

L'amplificateur operationnel ideal possède les proprietés suivantes :

- Impédance d'entrée infinie
- Impédance de sortie nulle
- grand gain
- Largeur de bande infinie
- Réponse en fréquence plate
- Tension de sortie nulle pour une tension d'entrée nulle

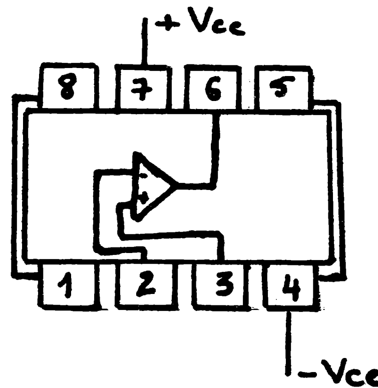
On represemte l'amplificateur opérationnel ideal par le schéma symbolique suivant.



On a utilisé comme amplificateur opérationnel le 741 DC, il

présente de bonnes performances en électronique

Brochage du 741 DC



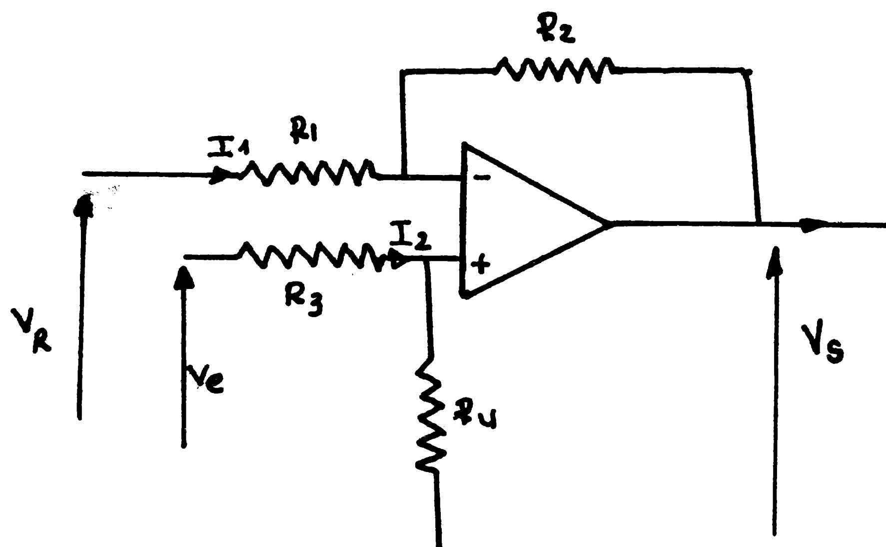
Comparateur

Un comparateur est un amplificateur differentiel fonctionnant exclusivement en boucle ouverte.

Le comparateur idéal doit avoir un gain differentiel très important. La sortie du comparateur se trouve donc soit au niveau haut, soit au niveau bas suivant le signe de la difference de potentiel qui existe entre les deux entrées differentielles. Un comparateur est donc un élément de décision qui indique par une sortie logique la relation d'amplitude entre deux grandeurs analogiques

Un comparateur doit posséder les caractéristiques suivantes

- Gain differentiel : ∞
- Gain de mode commun : 0
- Impedance d'entrée : ∞
- Impedance de sortie : 0
- Bande passante : ∞
- tension de decalage et derives : 0



$V_R = (R_1 + R_2) I_1 + V_s \quad \rightarrow \quad I_1 = \frac{V_R - V_s}{R_1 + R_2}$

$V_e = (R_3 + R_4) I_2 \quad \Rightarrow \quad I_2 = \frac{V_e}{R_3 + R_4}$

$V_R = R_1 I_1 + R_4 I_2$

On remplace I_1 et I_2 par leurs valeurs

$$V_R = \frac{R_1}{R_1+R_2}(V_R - V_s) + \frac{R_4}{R_3+R_4} V_e$$

$$V_R\left(-1 + \frac{R_1}{R_1+R_2}\right) + \frac{R_4}{R_3+R_4} V_e = \frac{V_s R_1}{R_1+R_2}$$

$$V_s \frac{R_1}{R_1+R_2} = -\frac{R_2}{R_1+R_2} V_R + \frac{R_4}{R_3+R_4} V_e$$

$$V_s = -\frac{R_2 V_R}{R_1} + \frac{R_1+R_2}{R_3+R_4} V_e$$

On pose $R_1 = R_3$; $R_2 = R_4$

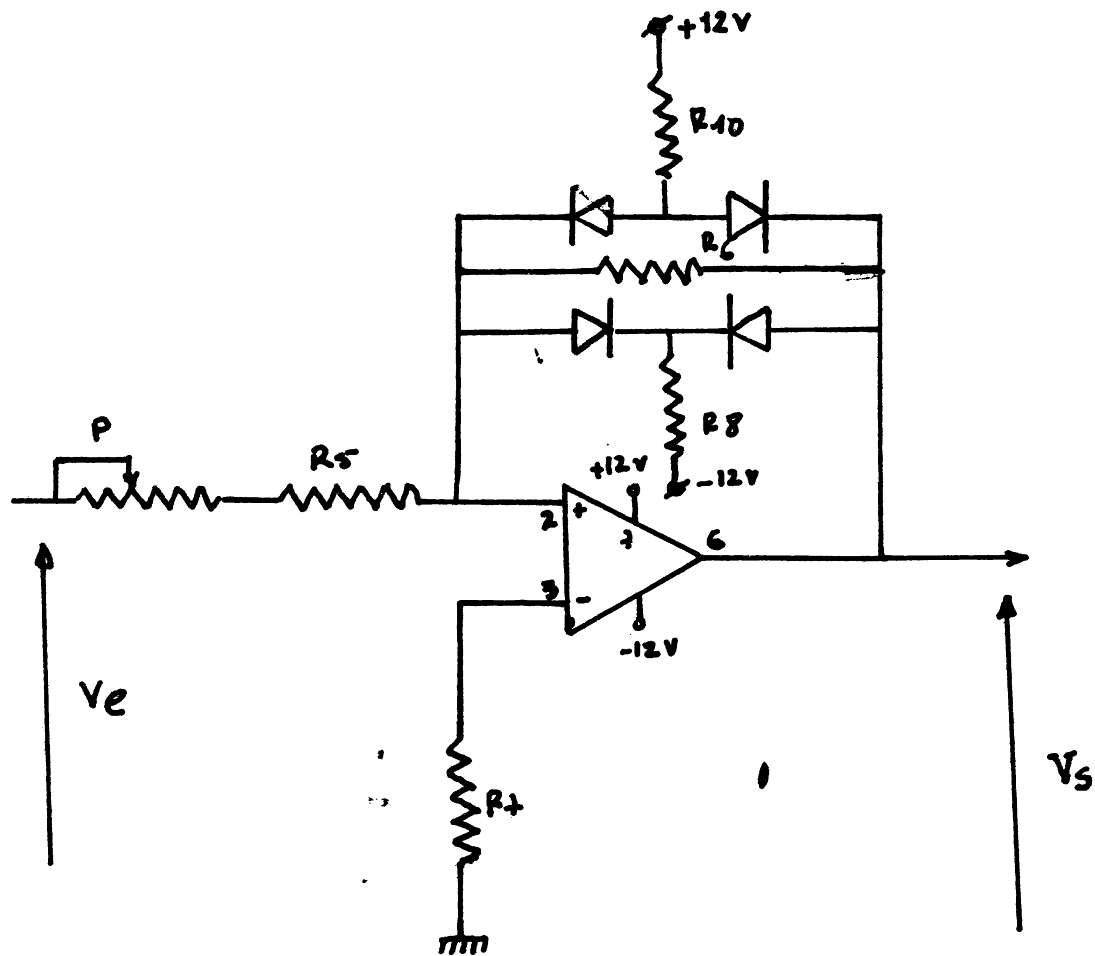
$$V_s = \frac{R_2}{R_1} V_e - \frac{R_2}{R_1} V_R$$

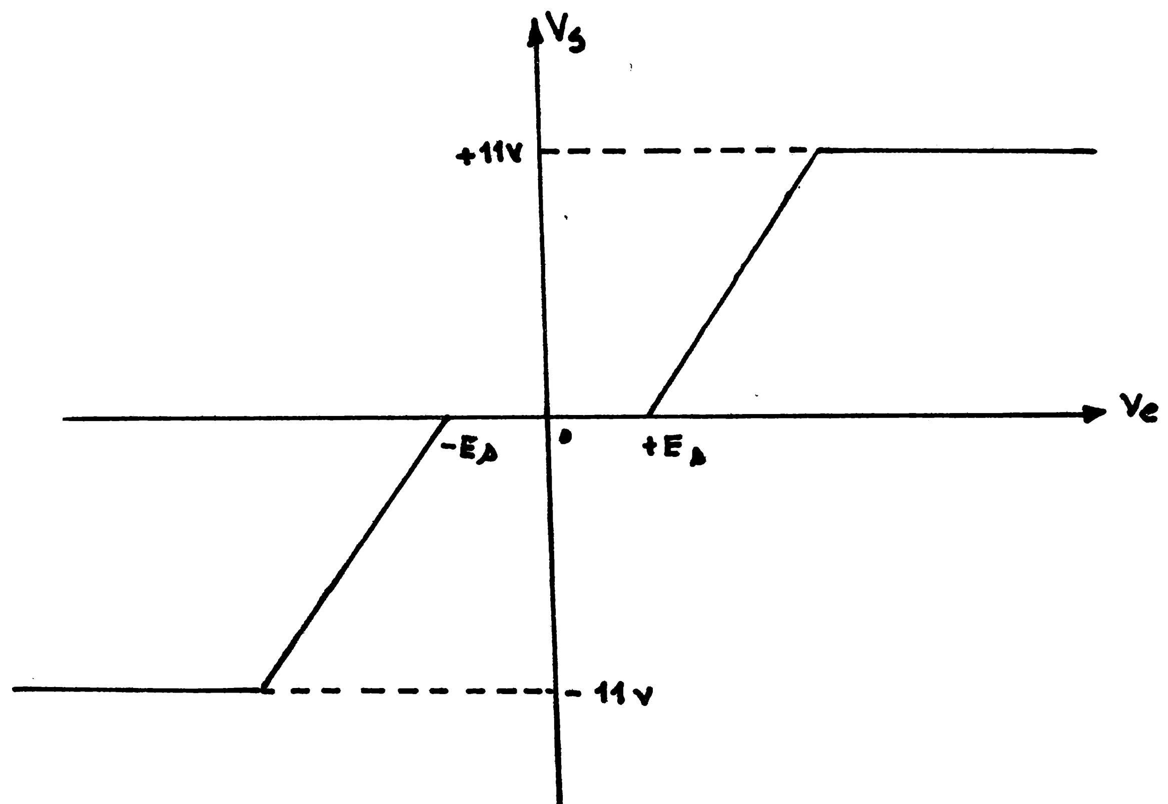
d'ou $V_s = \frac{R_2}{R_1}(V_e - V_R)$

$\frac{R_2}{R_1}$: gain d'amplification

avec $R_2 = 1 M\Omega$ $R_1 = 100 k\Omega$ $\Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 10$; $V_s = 10(V_e - V_R)$

Préamplificateur à seuil





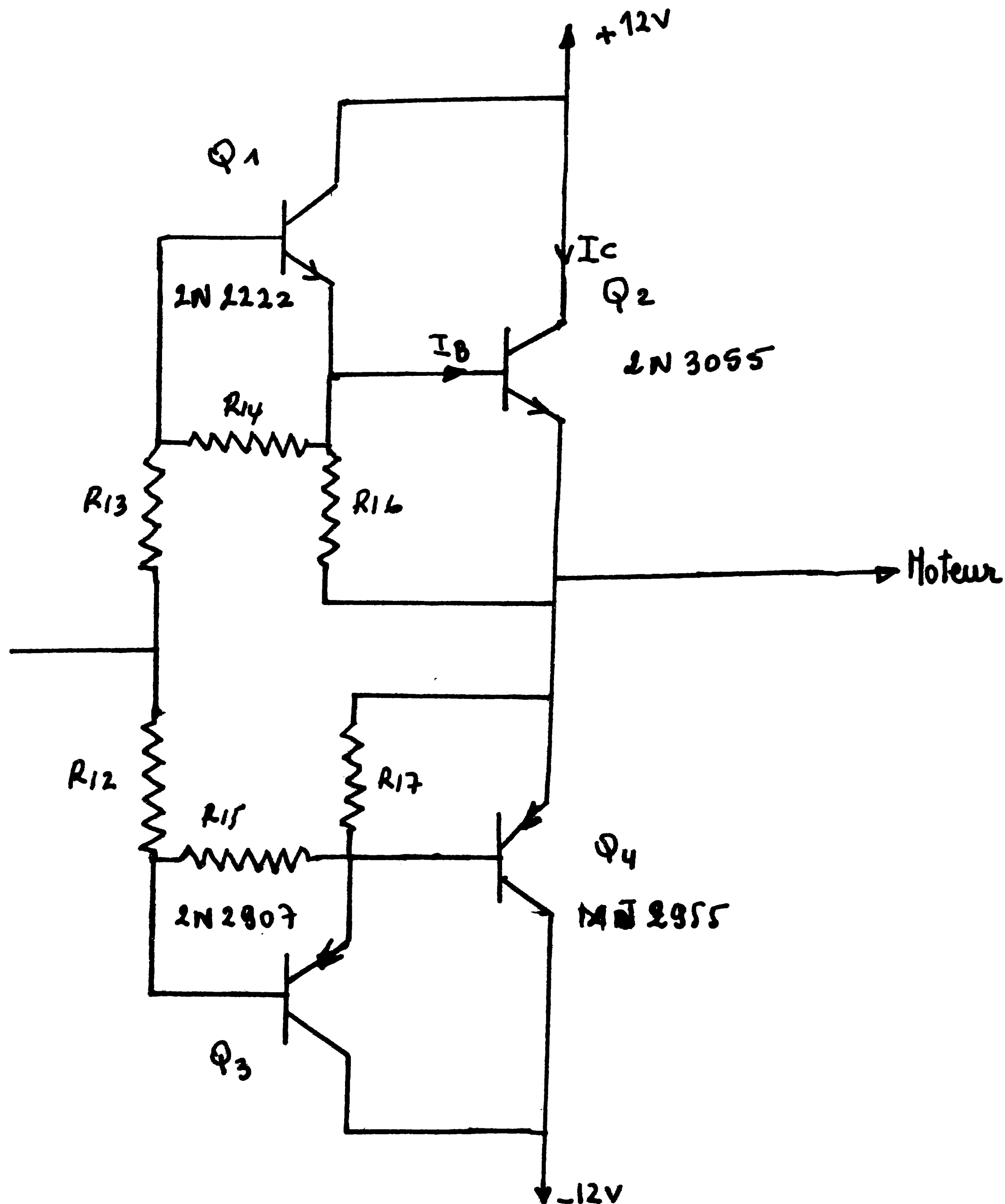
C'est un amplificateur opérationnel de type 741, et grâce à l'emploi d'une contre-réaction non linéaire par pont de diodes polarisées de telle manière que l'amplificateur fonctionne en boucle fermée c'est-à-dire avec un gain d'amplification égale à 1. Tant que la tension d'entrée n'atteint pas ±0,7V, cette boucle se ferme pour conférer à l'amplificateur un gain $\frac{R6}{R5}$ dès que cette tension est atteinte. C'est cette tension qui constitue la marge d'incertitude sur la tension de sortie.

Donc ce montage permet de donner zéro volt à la sortie tant que la tension à l'entrée est comprise entre deux limites, l'une positive, l'autre négative.
Avec le réglage de P7 les limites pourront se régler entre ±0,37V et ±0,95V

Liste de matériels

- Ampli-op 741
- quatre diodes 1N 4004
- R8, R10 : 100 KΩ
- R6 : potentiometre 47KΩ
- R5, R7 : 3,3 KΩ
- Potentiomètre : 5 KΩ

Amplificateur de puissance



Le courant de demarrage du moteur est 3A

Vue que le signal de l'ampli est trop faible pour faire tourner directement le moteur, on a proposé le montage ci dessus.

le transistor 2N 3055 a les caractéristiques suivantes

$V_{CB\,max} = 100\,V$ $\quad I_{c\,max} = 15A$

$V_{CE\,max} = 60\,V$ $\quad$ gain $\beta = 25 \rightarrow 100$

$V_{EB\,max} = 7\,V$ $\quad$ pour $I_c = 0{,}5A$.

On utilise un autre transistor type 2N 2222, il possède un gain $\beta = 100$

Le courant I_c du 3055 est 3A $\Rightarrow I_B \approx 0,3A$

L'amplicateur utilisé ne peut pas donner ce courant

Le courant que doit donner le transistor 2222 est 0,3A donc, son courant de base est $I_B = \frac{I_c}{100} = 0,003 A$

$I_B = 3mA$

Ce courant peut être donné par l'amplificateur

Donc les deux transistors fonctionnent comme des amplificateurs de courant.

Les résistances R_{14}, R_{15}, R_{16}, R_{17} sont utilisées pour augmenter la fiabilité du montage.

Liste de matériels

- 2 transistor 2N 3055
- 1 transistor 2N 2222
- 1 transistor MJ 2955
- 1 transistor 2N 2907
- Les résistances R_{14}, R_{15} de 1KΩ
- Les résistances R_{16}, R_{17} de 30Ω
- Les résistance R_{12}, R_{13} de 560Ω

Les transistors sont utilisés dans un montage push pull.

- Montage Darlington

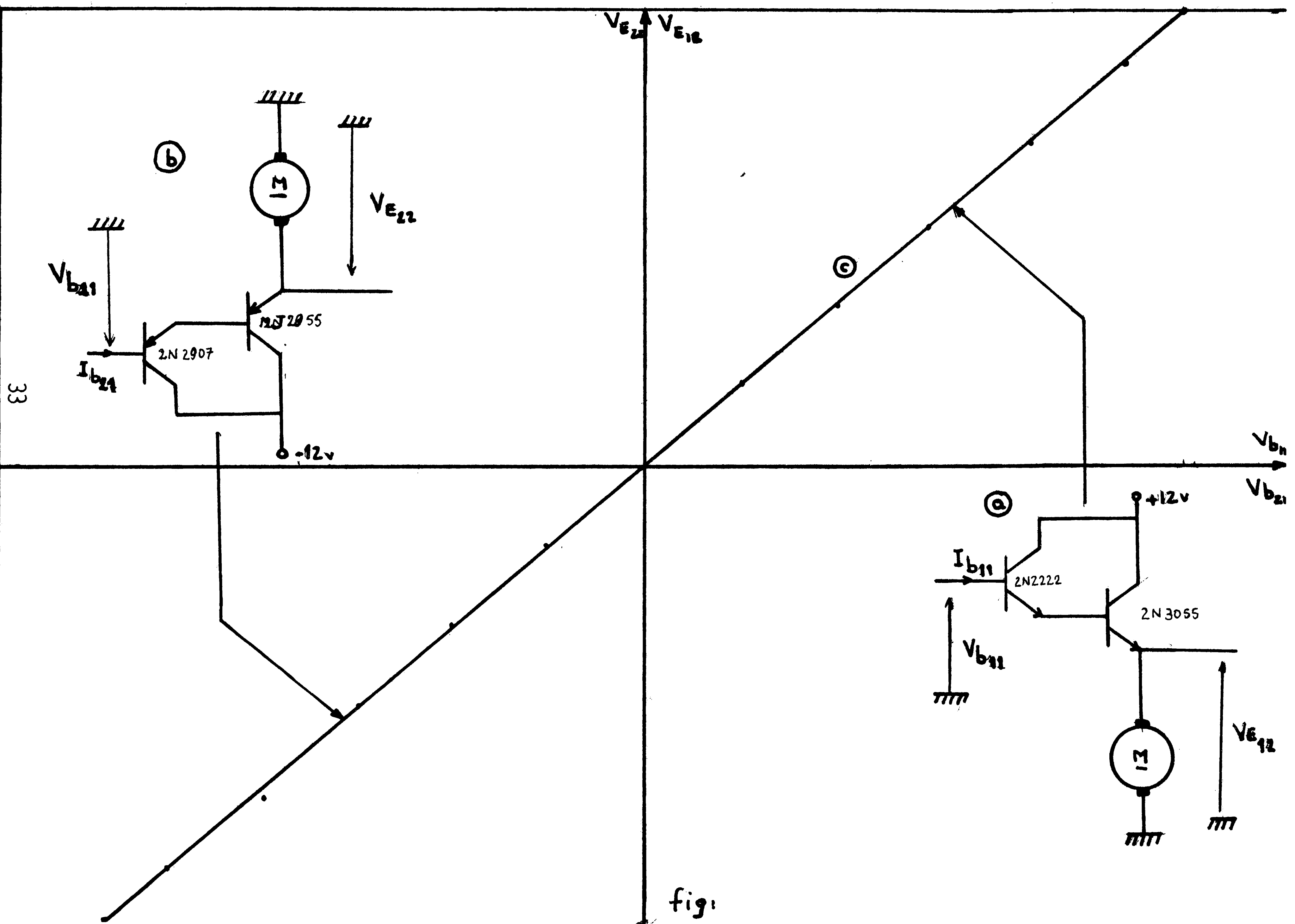
Dans le cas de ce montage, le moteur est placé entre les émetteurs des deux transistors et la masse. Il possède la propriété d'avoir une impedance d'entrée élevé et de sortie faible, constitue un bon adaptateur d'impédance.

Le montage Darlington constitué par deux transistors: 2N2222 et 2N 3055 ou 2N2907 et MJ2955, montés en cascade possède l'avantage de pouvoir commander un courant I_{E12}, ou I_{E22} assez important à partir d'un courant de base I_{B11} ou I_{B22} très faible c'est-à-dire un gain en courant très important

$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$.

La figure-ci-après représente la caractéristique du montage Darlington utilisé, elle montre que la tension V_{E22} ou V_{E12} est très voisine de V_{B11}, V_{B12} c'est-à-dire un gain en tension pratiquement égale à 1.

Les transistors 2N 3055, MJ2955 sont placés sur un radiateur afin d'eviter leurs échauffement lors du fonctionnement.


$V_{E_{22}}$
$V_{E_{12}}$
$V_{b_{11}}$
$V_{b_{21}}$
b
M
$V_{E_{22}}$
$V_{b_{21}}$
MJ2955
2N2907
$I_{b_{21}}$
-12v
c
a
+12v
$I_{b_{11}}$
2N2222
2N3055
$V_{b_{11}}$
M
$V_{E_{12}}$
fig1

CHAINE de RETOUR

Il s'agit de réaliser le schéma bloque suivant :

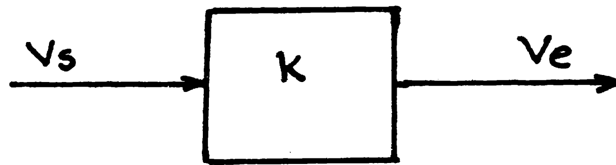
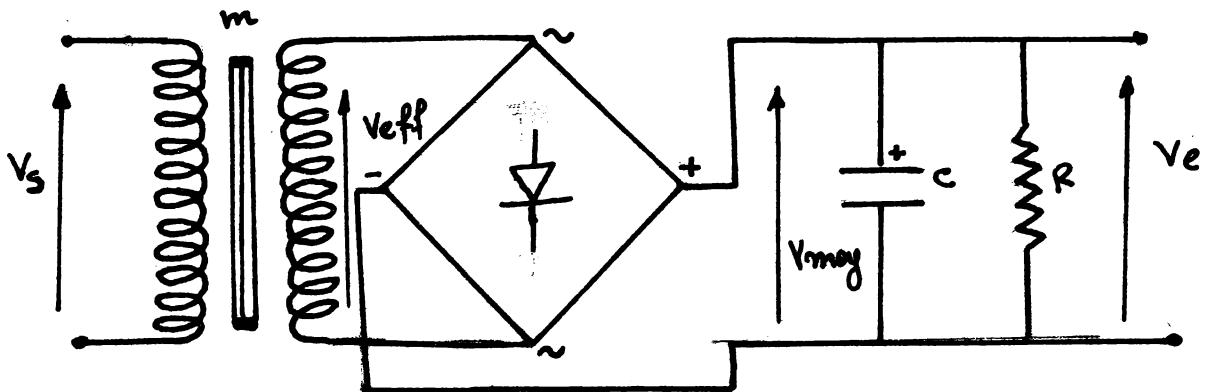


Schéma du montage



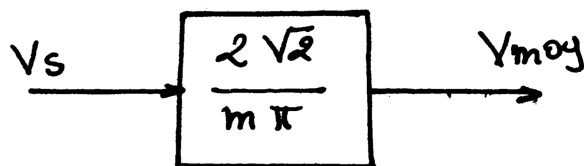
$Veff = \frac{Vs}{m}$; m étant le rapport de transformation du transformateur

Puisqu'il s'agit d'un redressement double alternance, la tension moyenne est :

$$Vmoy = \frac{2 V_M}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}\, Veff}{\pi}$$

$$Vmoy = \frac{2\sqrt{2}\, Vs}{m\pi} \Rightarrow \frac{Vmoy}{Vs} = \frac{2\sqrt{2}}{m\pi}$$

On aura le schéma bloque suivant :



Ve est une tension proportionnelle à la tension de sortie du stabilisateur

Pour tout augmentation de la tension V_s, la tension V_e varie proportionnellement, alors que pour la diminution de V_s, le temps mis pour avoir une variation de la tension V_e dépend du temps de charge du condensateur ā travers la résistance, ce ci revient ā dire, de la valeur de la résistance mise en parallèle avec le condensateur puisqu'elle active le décharge de ce dernier, ce qui provoque l'inégalité de la tension V_e ā la tension de référence V_R.

Pratiquement pour $V_s = 220V \Rightarrow V_e = 5V$.

Liste de materiels

- Un transformateur dont les caracteristiques sont les suivantes:
  * tension primaire 220V
  * tension secondaire 5V
  * Puissance apparente S = 10VA
- Un pont de redressement
- Un condensateur est de 33µf, 10V
- Une résistance 39 KΩ.

CHOIX du MOTEUR

Divers types de moteurs utilises pour les asservissements

On classe les moteurs à courant continu en plusieurs types, suivant le mode d'excitation. On distingue alors:

- Moteur à éxcitation shunt.
- Moteur à éxcitation serie
- Moteur à éxcitation séparée

Cas exceptionnel, moteur à aimant permanent

Moteur à éxcitation shunt

Ce type d'éxcitation ne permet pas le changement des sens de rotation. Pour celà, il faudrait inverser soit la polarisation de l'induit, soit celle de l'inducteur, mais pas les deux à la fois.

fig 1-a.

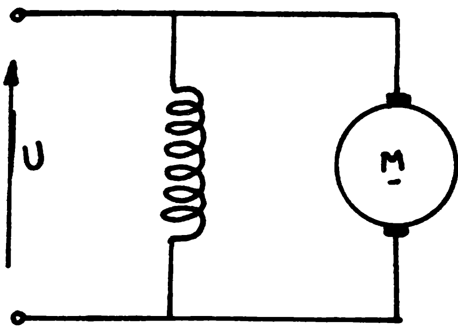
Moteur à éxcitation série

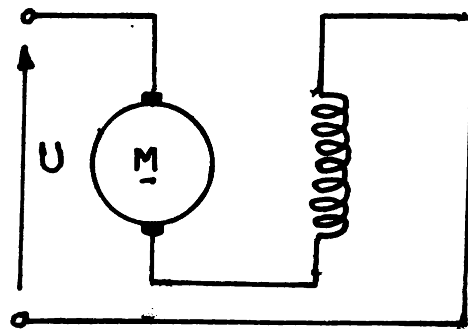
Le moteur serie a son indiut et son inducteur parcourus par le même courant. Il est très sensible aux variation de la tension à ses bornes. Le problème d'inversion du sens de rotation persiste encore dans ce type du moteur. fig 1-b

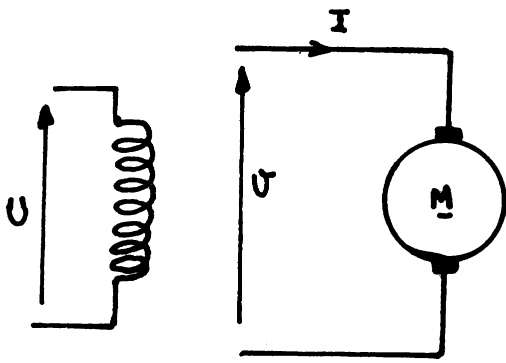
Moteur à éxcitation séparée

Dans ce mode d'éxcitation, l'une des grandeurs (courant induit ou éxcitation inducteur) est maintenue constante et la deuxième grandeur constituera la grandeur de commande. Ce type de configuration est très intéressant si l'inducteur ou l'induit est à aimant permanent.

fig 1-c







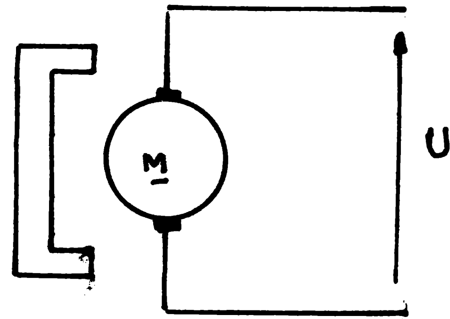
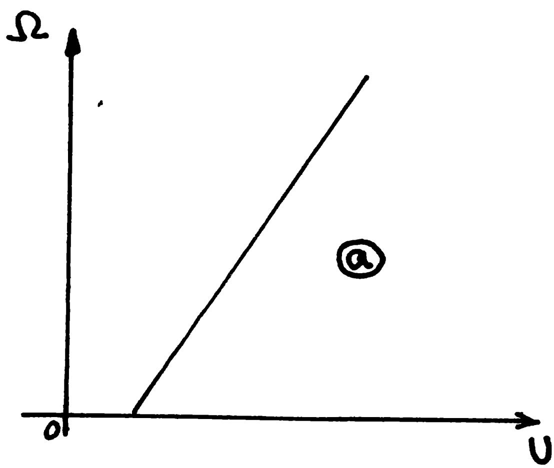
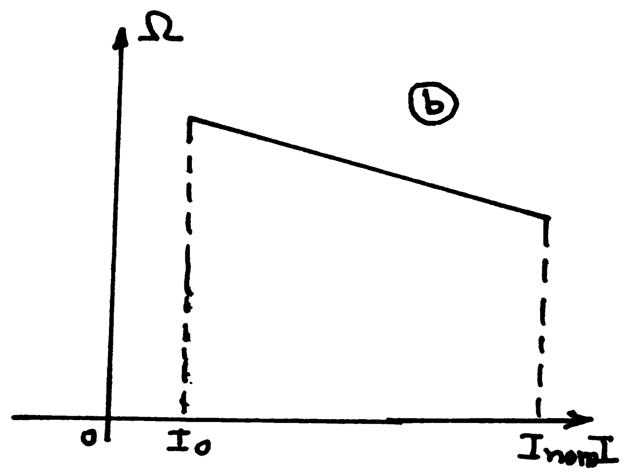
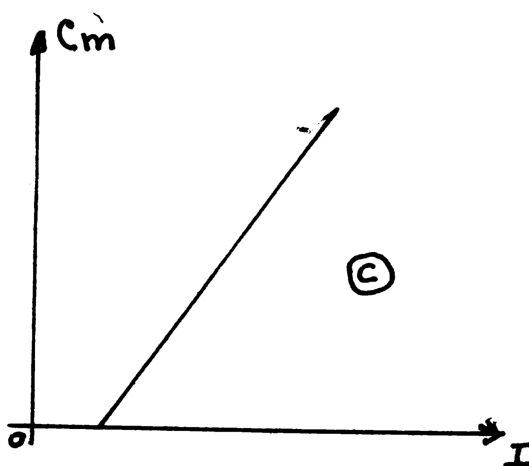


fig 1







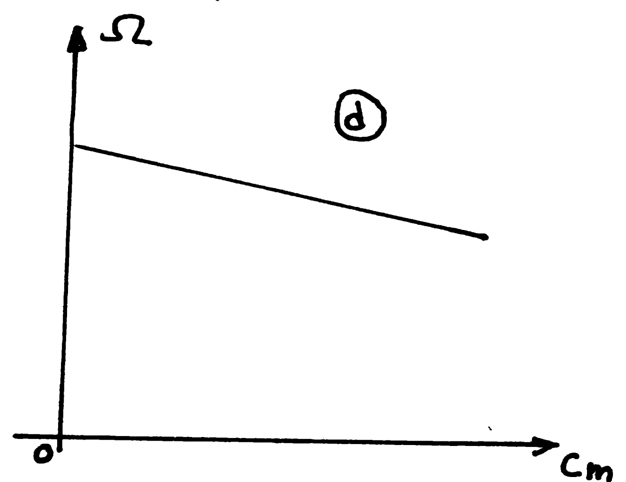


fig 2

Moteur à aimant permanent

C'est le branchement le plus convenable pour notre application. fig 1_d.

Le moteur utilisé est un moteur d'essuie glace type S.E.V Marchal dont l'inducteur est à aimant permanent. Ce moteur presente l'avantage du point de vue mécanique, en effet, la sortie de l'arbre du moteur munie d'un réducteur constitué par un vis sans fin et un pignon ; ce réducteur possède un rapport de réduction $n = 50$, de plus, il empêche tout mouvement du système pendant l'arrêt du moteur. c'est-à-dire qu'il permet la transmission du mouvement du moteur vers la charge et empêche celle-ci de bouger.

caractéristiques - avantages

C'est un moteur à excitation constante

- Vitesse ; elle est donneé par la relation

$$N = \frac{U - RI}{K_1}$$

à courant donné, la vitesse est proportionnelle à U (fig 2a)

- Couple moteur Cm : il est proportionnel à ϕI. ϕ ne variant pas, le couple que le moteur développe n'est fonction que de I il est éxactement proportionnel au courant, la f.e.m à la vitesse.

d'après les relations :

$$Cm = \frac{1}{2\pi} \frac{P}{a} n \phi I = KI \qquad \text{fig 2c}$$

$$E' = \frac{1}{2\pi} \frac{P}{a} n \phi \Omega = K\Omega$$

$$\boxed{\begin{array}{l} Cm = KI \\ E' = K\Omega \end{array}}$$

La puissance mécanique P_m développée par le moteur s'écrit sous la forme :

$$P_m = C_m \Omega.$$

Ω : vitesse de rotation en radian par seconde.

- Caractéristiques mécaniques : (fig 2 b, 2d)

$\Omega(C_m)$ a la même allure que la courbe $\Omega(I)$ puisque C_m est une fonction linéaire de I. On voit qu'on peut, sans dépasser I_{nom}, développer $C_{m\,nomi}$ à toutes les vitesses comprises entre 0 et Ω_{nomi}

Caractéristiques du moteur utilisé

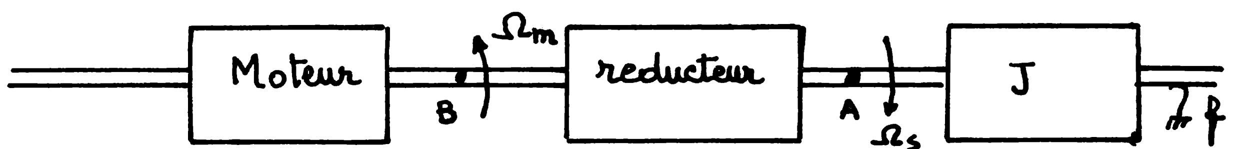
- tension nominale 12V continu
- Courant 1,2 A
- Résistance d'induit 5,64 Ω
- Inductance d'induit 1,094 mH

Inducteur : aimant permanent

- Vitesse nominale en bout d'arbre 3000 tr/mn
- Vitesse à la sortie du réducteur 60 tr/mn (Vis sans fin)

ETUDE du MOTEUR : régime transitoire mise en équations

Le schéma général du système comprendra donc un moteur à aimant permanent (commandé par l'induit) de résistance R et d'inductance L, entrainant au moyen d'un réducteur de rapport de réduction $n = 50$ une charge constituée par une inertie J et un frottement f.



Le démarrage est une phase transitoire, pour le décrire convenablement, il faut tenir compte de l'effet de l'inductance.

$$u = Ri + L\frac{di}{dt} + E'$$

$$\begin{cases} E' = K_1 \Omega \phi \\ \phi = c^{te} \end{cases} \Rightarrow \quad E' = K\Omega \quad \text{et} \quad E'I = C_m \Omega$$

$$C_m = KI$$

$$u = Ri + L\frac{di}{dt} + K\Omega \qquad (1)$$

D'autre part, la variation de la vitesse est régi par :

$$J\frac{d\Omega_s}{dt} + f\Omega_s = C_c - C_0$$

le couple de charge vu par le réducteur au point A

$$C_c = J\frac{d\Omega_s}{dt} + f\Omega_s + C_0$$

le couple de charge vu par le moteur au point B

$$\frac{C_c}{n} = \frac{J}{n}\frac{d\Omega_s}{dt} + \frac{f}{n}\Omega_s + \frac{C_0}{n}$$

Ramenons ce couple à la vitesse propre de l'arbre du moteur Ωm :

$$\Omega s = \frac{1}{n} \Omega m \Rightarrow \frac{d\Omega s}{dt} = \frac{1}{n}\frac{d\Omega m}{dt}$$

d'où le couple moteur Cm.

$$Cm = \frac{Cc}{n} = \frac{J}{n^2}\frac{d\Omega m}{dt} + \frac{f}{n^2}\Omega m + \frac{Co}{n}$$

Cette relation montre l'importance du rapport de réduction qui permet d'atténuer dans un rapport de $\frac{1}{n^2}$ les coefficients d'inetie J, et de frottement f.

Ceci est d'ailleur lié au fait que le réducteur permet la réduction de la vitesse tout en assurant la multiplication du couple.

Ces propriétés sont très importantes pour le cas de notre système
L'équation mécanique trouveé précédement devient, si on néglige le couple $\frac{Co}{n}$.

$$Cm = J\frac{d\Omega m}{dt} + f\,\Omega m \quad (2)$$

on note par :

$$J' = \frac{J}{n^2} \quad , \quad f' = \frac{f}{n^2}$$

Les équations (1) et (2) conduisent au système suivant

$$\begin{cases} u = Ri + L\frac{di}{dt} + K\Omega m \\ J'\frac{d\Omega m}{dt} + f'\Omega m = Ki \end{cases}$$

Les équations du système en variable de Laplace seront :

$$\begin{matrix} (1) \\ (2) \end{matrix} \begin{cases} U(p) = RI(p) + Lp\,I(p) + K\Omega m(p) \\ KI(p) = (Jp + f)\,\Omega m(p) \end{cases}$$

$$(2) \Rightarrow I(p) = \frac{(Jp+f)}{K}\,\Omega m(p)$$

$$(1) \Rightarrow U(p) = \frac{(R+Lp)(Jp+f)}{K}\,\Omega m(p) + K\,\Omega m(p)$$

$$K U(p) = \left[(R+Lp)(Jp+f) + K^2\right]\Omega m(p)$$

$$\frac{\Omega m(p)}{U(p)} = \frac{K}{(R+Lp)(Jp+f)+K^2}$$

$$= \frac{K}{LJp^2 + (RJ+Lf)p + Rf + K^2}$$

$$\frac{\Omega s(p)}{U(p)} = \frac{K/n}{LJp^2 + (RJ+Lf)p + Rf + K^2}$$

$$= \frac{\dfrac{K}{n(Rf+K^2)}}{\dfrac{LJ}{Rf+K^2}p^2 + \dfrac{RJ+Lf}{Rf+K^2}p + 1}$$

$$\boxed{\frac{\Omega s(p)}{U(p)} = \frac{k}{\dfrac{1}{\omega_0^2}p^2 + \dfrac{2z}{\omega_0}p + 1}}$$

$$(2) \Rightarrow \Omega m(p) = \frac{K\,I(p)}{Jp+f}$$

(1) devient :

$$U(p) = (R+Lp)\,I(p) + \frac{K^2\,I(p)}{Jp+f}$$

$$(Jp+f)\,U(p) = (R+Lp)(Jp+f)\,I(p) + K^2 I(p)$$

$$(Jp+f)\,U(p) = \left[(R+Lp)(Jp+f) + K^2\right] I(p)$$

$$\frac{I(p)}{U(p)} = \frac{Jp+f}{(R+Lp)(Jp+f)+K^2}$$

$$\frac{I(p)}{U(p)} = \frac{f}{Rf+K^2}\,\frac{1+\frac{J}{f}p}{1+\frac{RJ+Lf}{Rf+K^2}p+\frac{LJ}{Rf+K^2}p^2}$$

$$\boxed{\frac{I(p)}{U(p)} = k_2\,\frac{1+\tau p}{\frac{1}{\omega_0^2}p^2+\frac{2z}{\omega_0}p+1}}$$

finalement, puisque

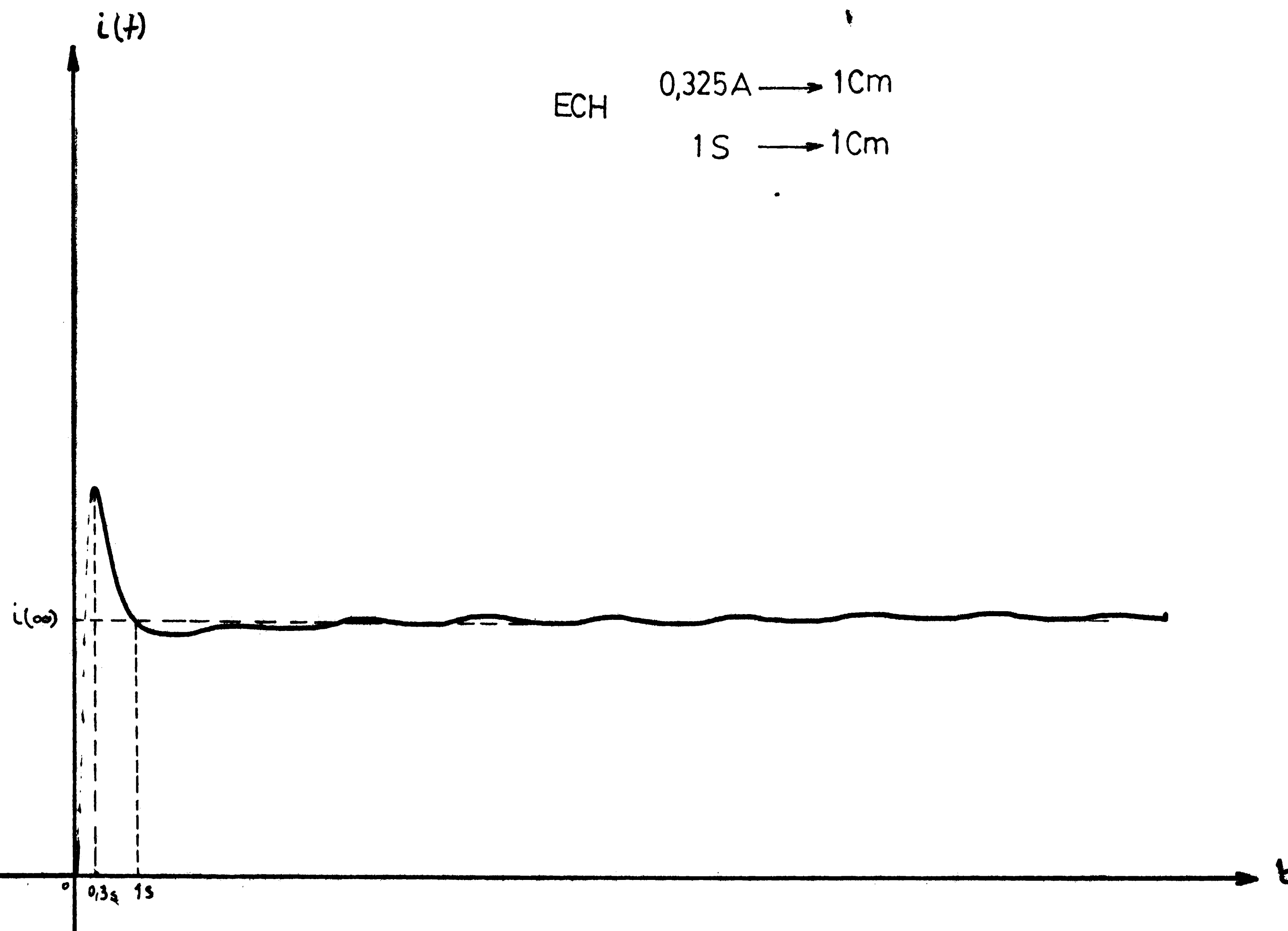
$$\Omega_s = \frac{d\theta_s}{dt}$$

$$\Rightarrow \Omega_s(p) = p\,\theta_s(p)$$

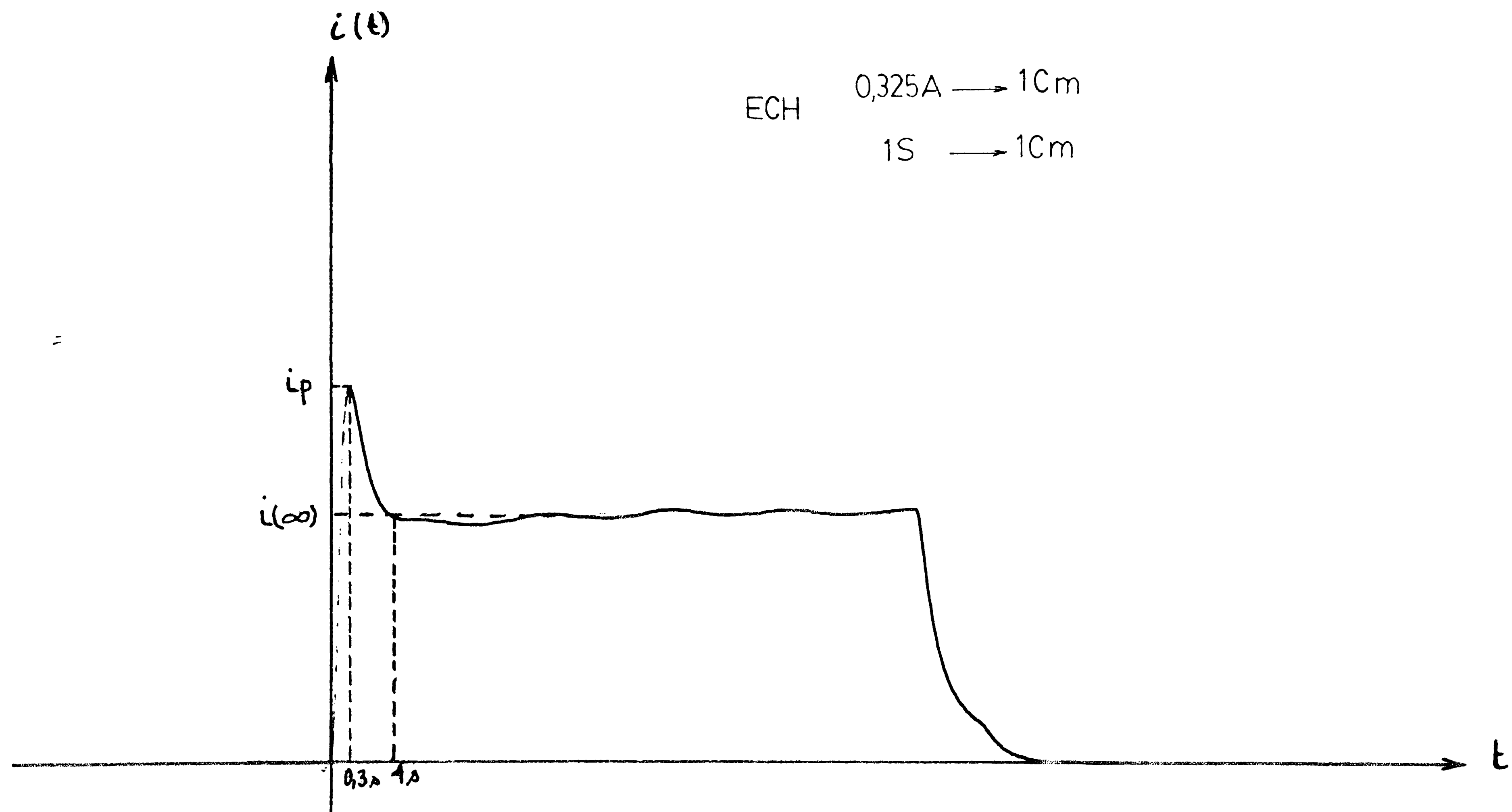
$$\Rightarrow \frac{\theta_s(p)}{U(p)} = \frac{k}{p\left(1+\frac{2z}{\omega_0}p+\frac{1}{\omega_0^2}p^2\right)}$$

où θ_s : angle parcouru par l'arbre du moteur

$$\frac{I(p)}{U(p)} = k_2\,\frac{1+\tau p}{1+\frac{2z}{\omega_0}p+\frac{1}{\omega_0^2}p^2}$$



REGIME TRANSITOIRE FACE A UN ECHELON DE TENSION



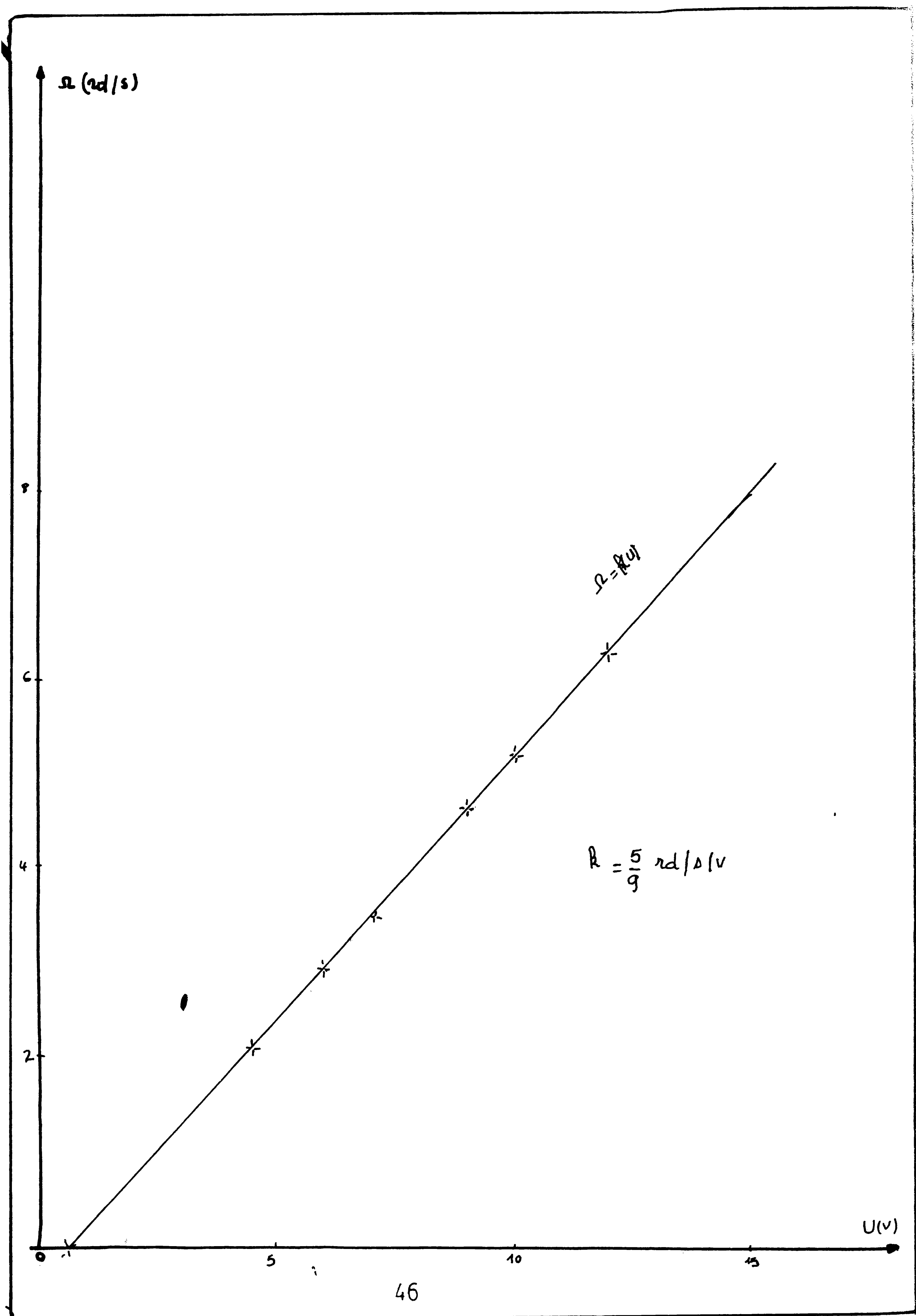
EVOLUTION DU COURANT DU MOTEUR DANS LA PHASE

DU DEMARRAGE ET DANS LA PHASE D'ARRET

Notons sur la courbe $i(t)$, que la rapide variation du courant pendant une durée de 0,3 s, cette phase correspond à un appel important de puissance d'où couple de demarrage important.

L'equation de $\Omega(t)$ met en évidence deux constantes de temps différentes ce qui laisse supposer l'existance d'une constante de temps électrique dûe au coefficient L et une constante de temps mécanique dûe au moment d'inertie J.

On peut considérer pratiquement qu'on est en présence d'un système de premier ordre (car L est faible ; $L = 1,1 . 10^{-3}$ H).


Ω (rd/s)
8
6
4
2
0
1
5
10
15
U(V)
Ω = f(U)
k = 5/9 rd/s/V

CIRCUIT de COMMANDE

A la sortie du premier amplificateur, la tension différence amplifiée peut varier entre + 11 V et - 11 V. La polarité de cette tension de sortie determine le sens de rotation à donner au moteur en vue de la correction desirée.

Le moteur s'arrêtera lorsque la tension Ve sera égale à la tension de référence. Il reste à l'arrêt jusqu'au moment où l'égalité sera rompu par une variation du secteur.

Le circuit amplificateur (2) est établi de manière à ce qu'il donne 0 V à la sortie tant que la sortie de l'ampli (1) donne une tension comprise entre 2 limites ; l'une positive l'autre négative. Avec le réglage du potentiomètre, les limites pourront se regler entre $\pm$ 0,37 V et $\pm$ 0,95 V.

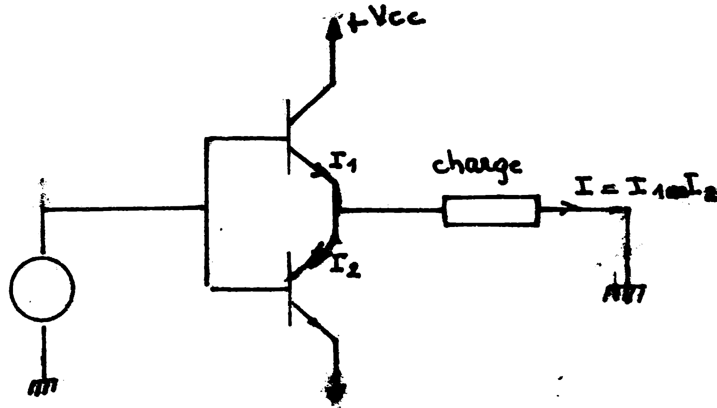
Les transistors Q_1 et Q_3 fonctionnent comme des amplificateurs de courant car le signal de l'ampli (2) est trop faible pour faire tourner directement le moteur de 12 V. Le courant amplifié est obtenue à la sortie du push pull.

Pour parvenir au moteur, il passe par le circuit S_1, D_5 et S_2, D_6. Les interrupteurs S_1 et S_2 sont fermés au repos ce qui permet au courant de passer directement vers le collecteur du moteur. Les interrupteurs sont placés aux deux limites du trajet rotatif.

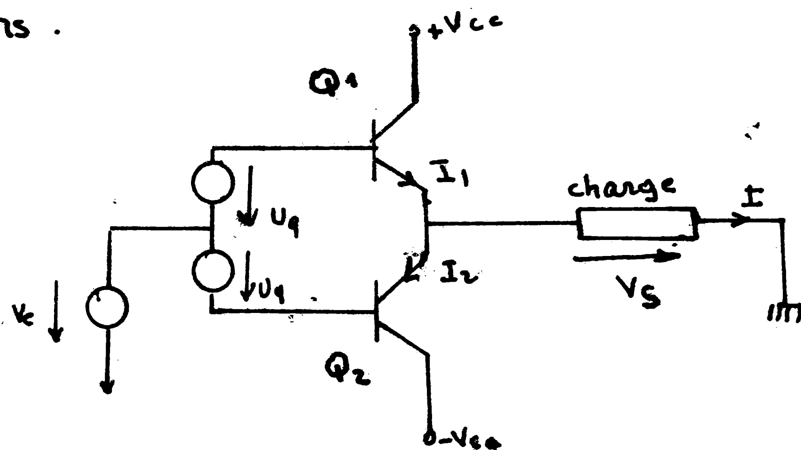
Lorsqu'une limite est atteinte, S_1 ou S_2 s'ouvre, la diode correspondante n'est plus court-circuitée, elle laisse passer le courant de sens convenable vers M, qui commence à tourner. Ainsi, si S_1 est ouvert, le courant passe par D_5 à condition que la tension de la sortie push pull soit positive par rapport à la masse.

Amplificateur push pull

Les amplificateurs push-pull peuvent être utilisés comme celui du montage représenté par la figure ci après de type émetteur-suiveur



Un tel montage a l'inconvénient majeur de présenter une très forte distorsion dans les domaines proches de l'origine et sa caractéristique de transfert. Pour remédier à cet inconvenient, on lui préfère pratiquement toujours au montage fonctionnant par l'adjonction de sources de tension de polarisation U_q fixant le courant de repos I_q des 2 transistors.



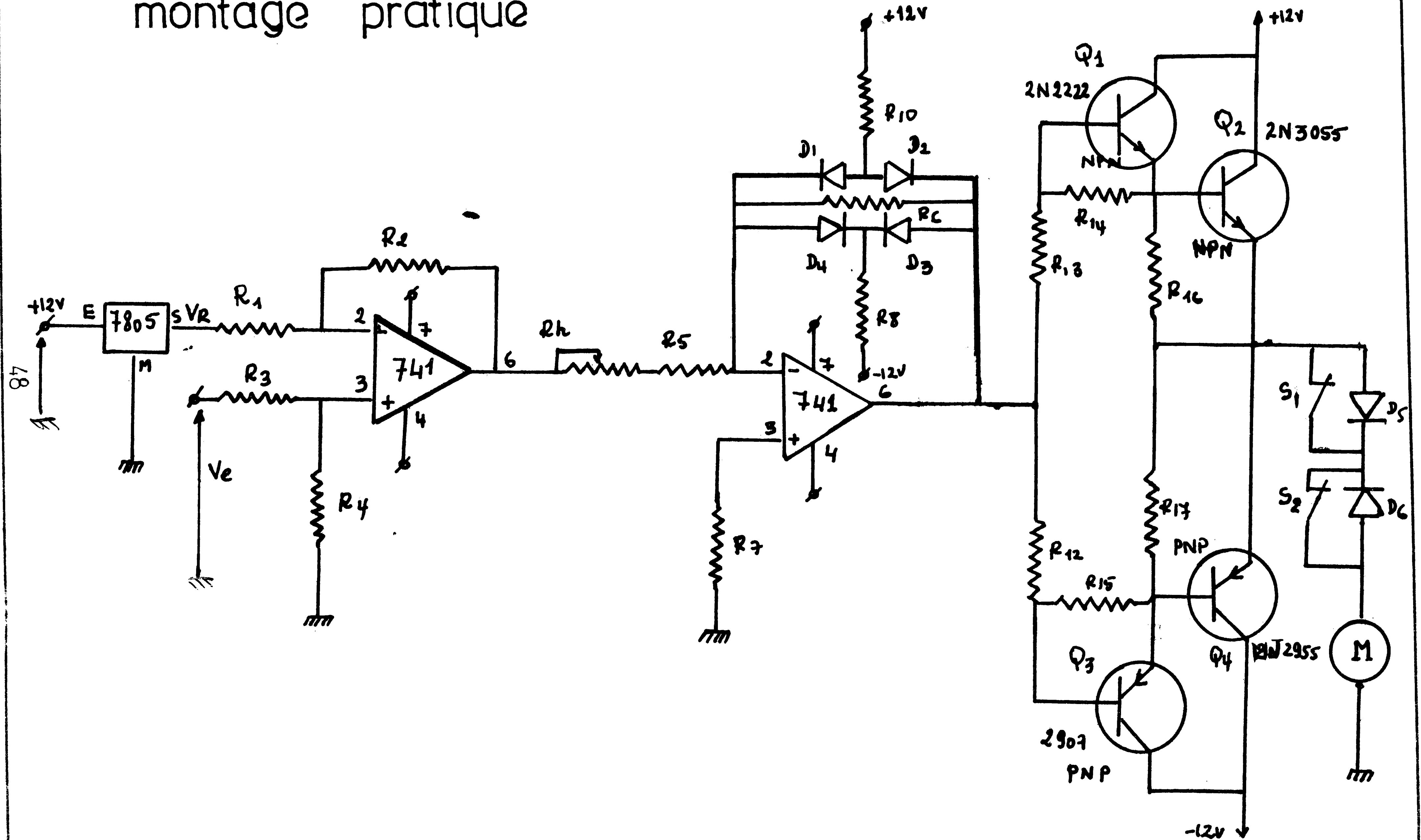
Dans notre systeme les 2 transistors sont :

Q_1 : 2N 3055

Q_2 : 2N 2955.

charge : Moteur à courant continu

montage pratique



CHOIX du BRANCHEMENT

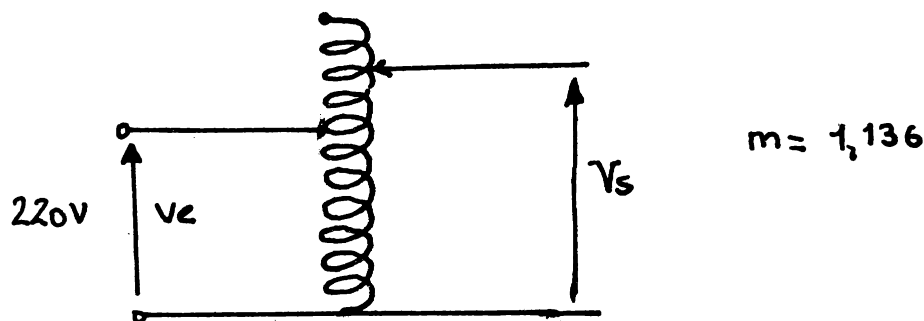
L'autotransformateur utilisé dans notre système possède les caracteristiques suivantes

$U_1 = 220V$

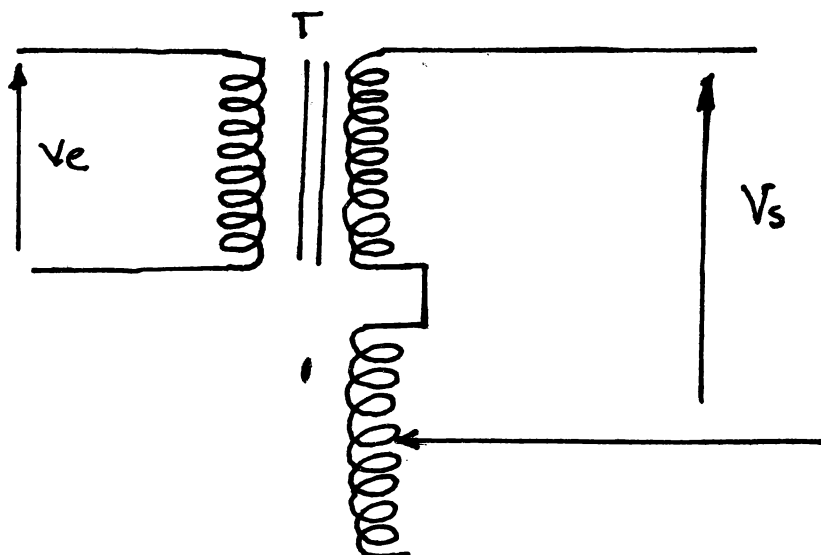
U_2 DV $= 0 \rightarrow 220V$ $\quad I_2 = 15,5A$

SV $= 0 \rightarrow 250V$ $\quad I_2 = 13,2A.$

si on l'utilise comme survolteur



- si on applique une tension d'entrée de 176V, on aura à la sortie $V_s = 200V$ pas 220V. Donc ce mode branchement ne convient pas.
- si on utilise un autre transformateur 264V/220V avec l'autotransfo dont le schema de branchement est le suivant :

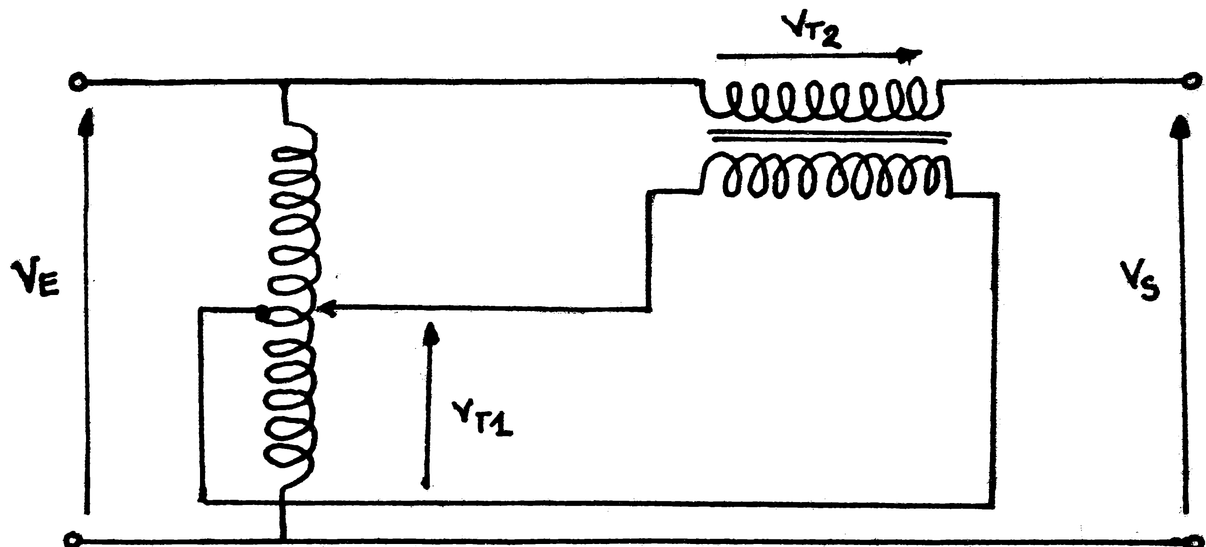


Si la tension d'entrée $V_e = 176V$, la correction est réalisée à l'aide de l'autotransformateur variable, donc on peut obtenir une tension de sortie $V_s = 220V$. Alors que pour $V_e = 264V$ l'autotransformateur est complètement éliminé, on aura encore $V_s = 220V$. Mais vue que le courant de charge est de 10A qui va traverser le transformateur, donc la puissance apparente de ce dernier doit être égale à 2KVA, chose qu'on évite de l'avoir pour alléger le système.

Le branchement préféré est le suivant.

(voir feuille ci après).

Branchement utilisé



V_E : tension d'entrée de l'autotransformateur

V_{T1} : tension primaire du transformateur, c'est la tension secondaire de l'autotransformateur variable.

Ecrivons l'équation qui relie la tension de sortie ā celle d'entrée

$$V_S = V_E \pm V_{T2}$$

V_{T2} : tension secondaire du transformateur

* Si la variation de la tension d'entrée est positive c'est-ā-dire $V_E + \Delta V > 220\,V$

$$\Rightarrow V_S = V_E - V_{T2}$$

* Si maintenant la variation est négative :

$$V_E - \Delta V < 220\,V$$

$$\Rightarrow V_S = V_E + V_{T2}$$

On comprend bien que la tension du transformateur, V_{T2} est additive ou soustractive suivant le signe de la variation, ā la tension d'entrée pourqu'on puisse obtenir une tension de sortie stabilisée ā 220 V.

L'autotransformateur utilisé dans notre système a la forme circulaire, en effet

$$\pi \longrightarrow \frac{V_E}{2}$$

$$\theta \longrightarrow \frac{V_E}{2\pi}\theta$$

On a

$$V_S = V_E \pm V_{T2}$$

avec $V_{T2} = m\,V_{T1} = m\,\frac{V_E}{2\pi}\theta$

m: rapport de transformation du transformateur

θ: angle que fait le curseur de l'autotransformateur

donc on aura:

$$V_S = V_E \pm m\frac{V_E}{2\pi}\theta$$

$$V_S = V_E\left(1 \pm m\frac{\theta}{2\pi}\right)$$

- Cette relation montre bien que la tension de sortie dépend de la tension d'entreé V_E et de la correction que puisse faire le secondaire du transformateur.

La variation que fait la tension d'entreé est de ± 20%, donc la correction que puisse faire le transformateur est 44V. Vue que le secondaire va être traversé par un courant de 9,1 A donc la puissance apparente de ce dernier est 450VA.

La marge de variation est 88V

Pour travailler dans la zone de non saturation, on prend un transformateur dont les caracteristiques sont les suivantes:

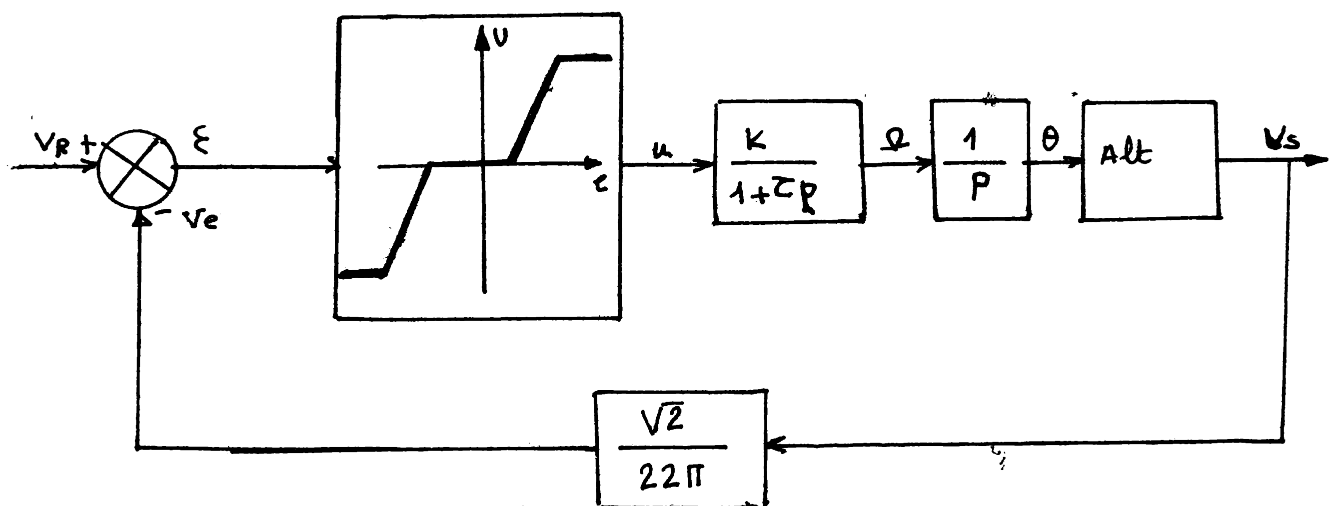
$V_{T1} = 60V$ $\qquad I_1 = 7,5A$

$V_{T2} = 50V$ $\qquad S = 450VA.$ $\qquad I_2 = 9A$

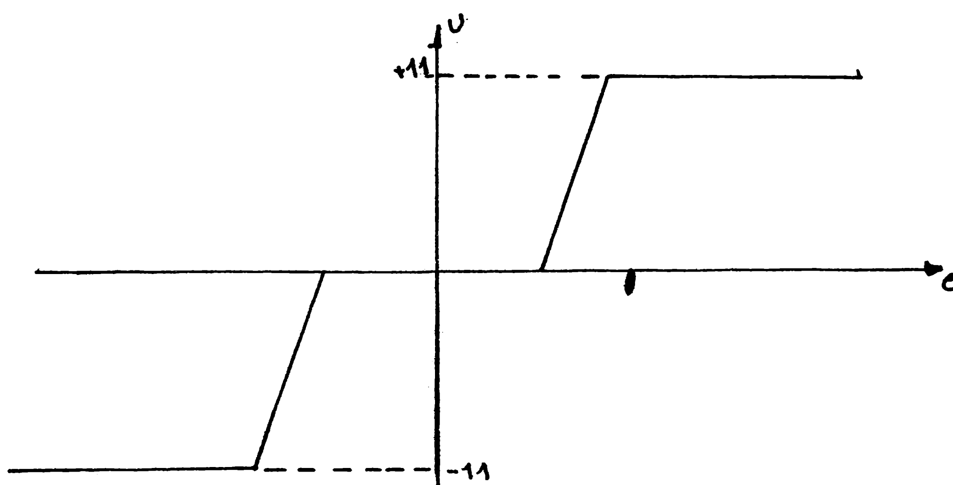
SCHEMA FONCTIONNEL

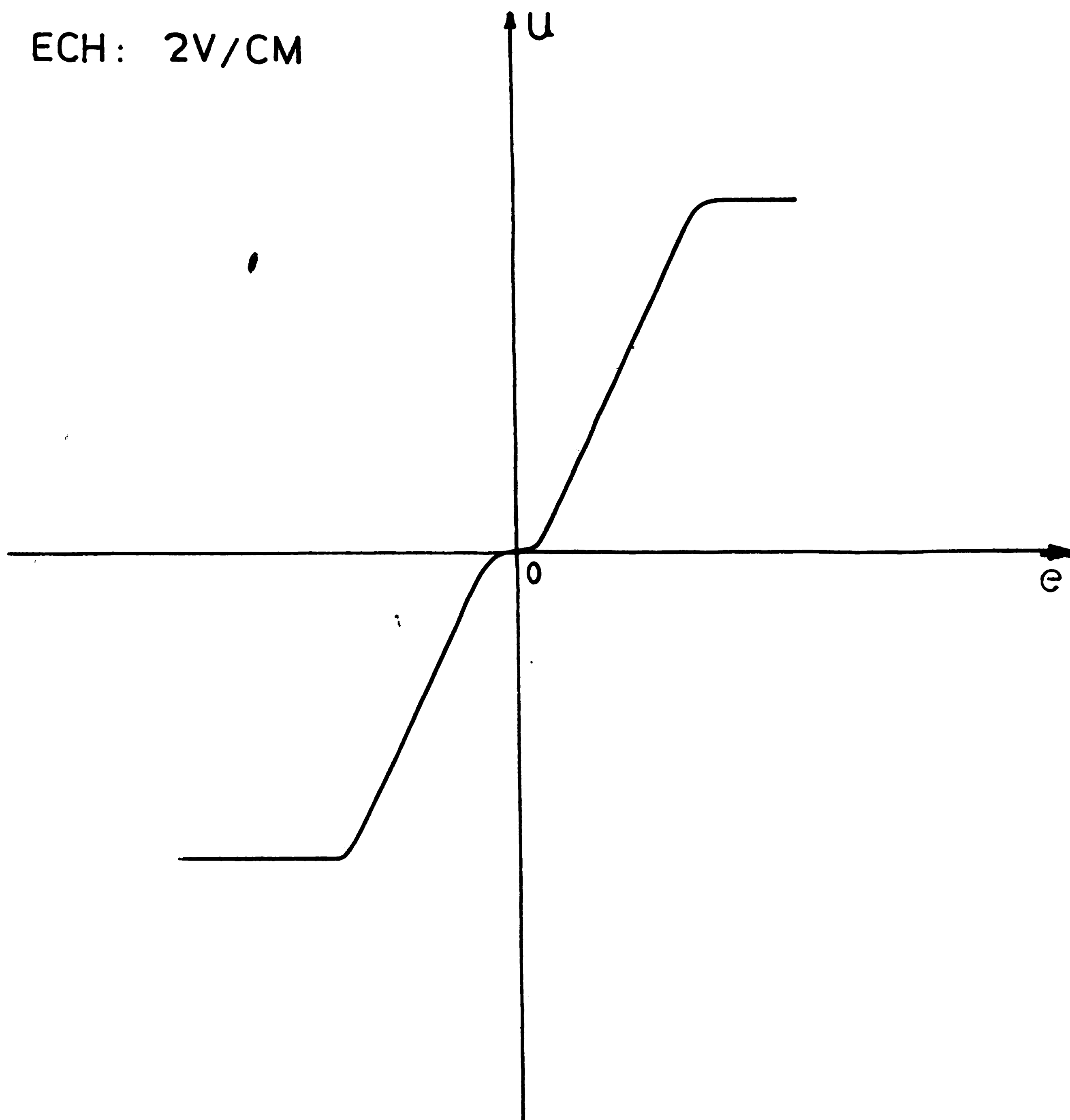
Si on se limite à considérer le système ; moteur, reducteur et charge (dont l'entrée est une tension u et la sortie est une vitesse comme un système de premier ordre dont la commande est faite par un circuit non linéaire, on peut alors représenter le fonctionnement de notre système asservi autour de la position de 220V de l'alternostat le schema fonctionnel (fig(a)).

La non linéarité considérée, tient compte de l'inversion du sens de rotation du moteur.



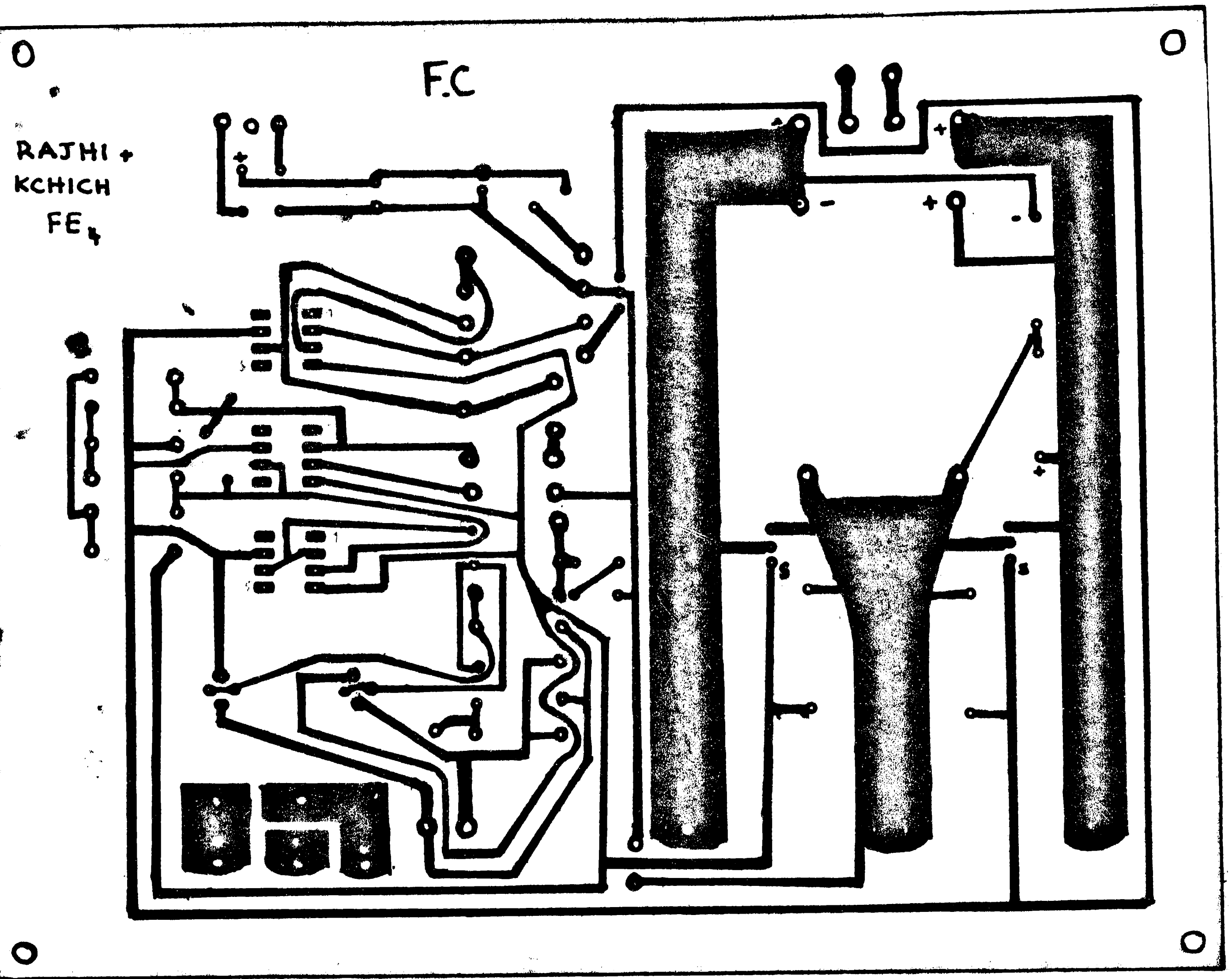
Caractéristique de la non linéarité





CARACTERISTIQUE DE NON LINEARITE

DU SYSTEME


F.C
RAJHI +
KCHICH
FE4

Pour assurer la bonne marche de notre stabilisateur, on utilise un inspecteur de tension, comme son nom l'indique, cet inspecteur contrôle la tension secteur. Si la tension d'entrée est comprise entre 176V et 264V (une diode LED indique ce fait) on peut obtenir une stabilisation à 220V. Si la tension d'entrée est superieure ou inferieur aux deux valeurs indiquées, le moteur sera alimenté et fait une course jusqu'à l'extrémité de l'autotransformateur, à ce moment, la came actionne le buté qui, à son tour ouvre le circuit d'alimentation du moteur qui se met à l'arrêt, et on n'aura plus une stabilisation à 220V. Alors il est préférable de mettre le stabilisateur en marche que lorsque

$176V \leq Ve \leq 264V$

INSPECTEUR de TENSION

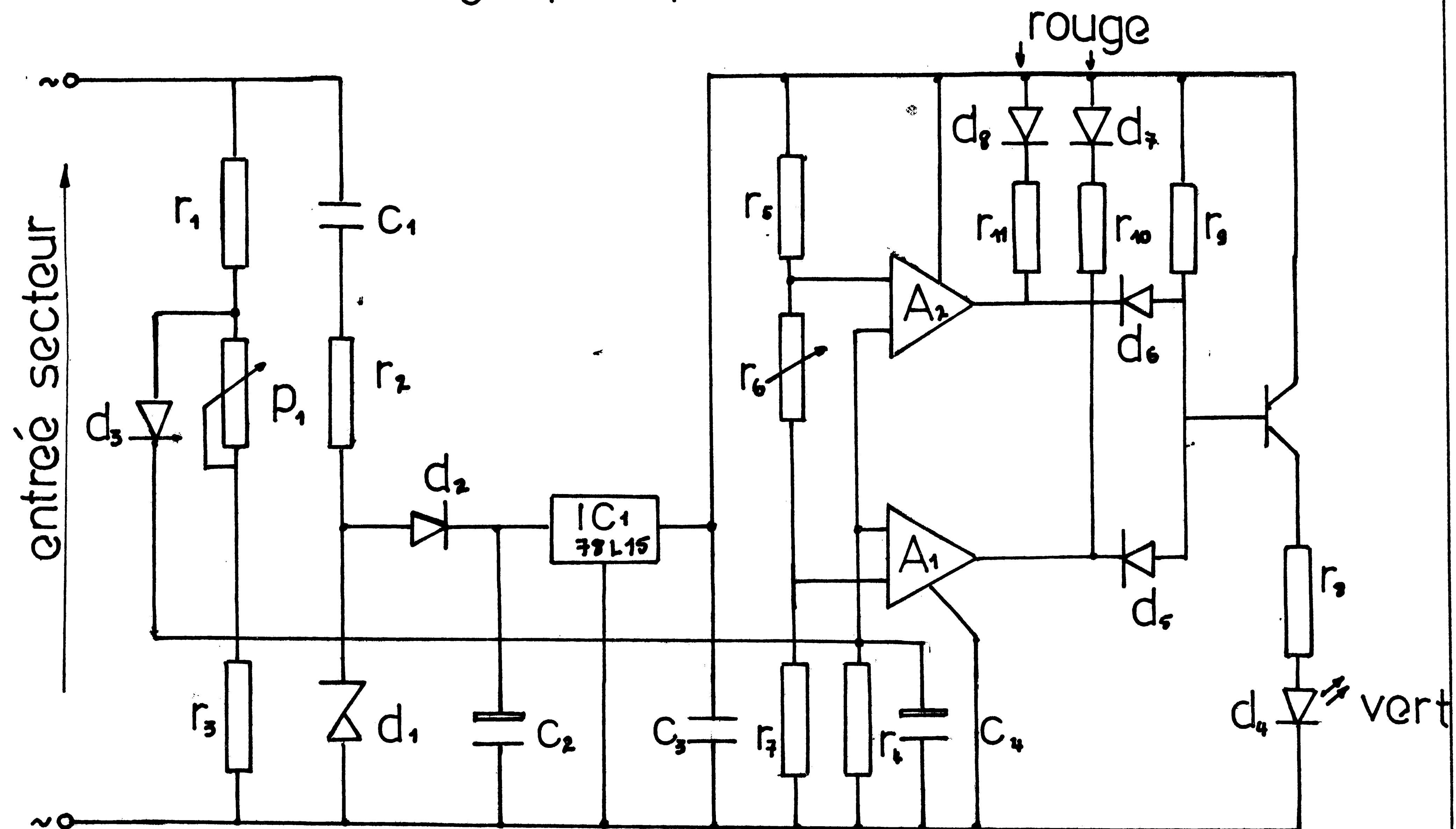
Principe de fonctionnement

Son alimentation est prise directement sur le reseau. cet alimentation directe est assurée par C_1, R_2, D_1, D_2 et C_2. A partir de la tension stabilisée de 15V disponible. On extrait deux tensions de référence. Par l'intermédiaire des amplificateurs oparationnels A_1 et A_2, ces deux tensions sont comparées à une partie fixe de la tension secteur. Un niveau trop faible de cette dernière provoque l'illumination de D_7. Si au contraire, son niveau est trop élevé, la LED D_8 signal cet état de fait.

En raison des valeurs choisies pour les composants, D_7 s'illumine lorsque la tension secteur tombe au alentours de 176V. La LED D_8 s'illuminant lorsque la tension atteint et dépasse 264V.

A ce moment il est deconseillé de mettre le systeme en marche parcequ'il est difficile d'obtenir une tension de 220V.

On peut savoir si le niveau de tension fourni par le secteur


montage pratique
rouge
entrée secteur
~
~
r1
c1
r2
p1
d3
d2
IC1
78L15
d1
c2
r3
c3
r7
r4
c4
r5
r6
A2
A1
d8
d7
r11
r10
r9
d6
d5
r8
d4
vert

est situé dans la marge indiqueé auparavant. C'est la raison de l'excistence de la LED D4. Ainsi losque ni D8 ni D7 ne sont illumineés. T1 peut conduire permettant l'alimentation de la LED verte qui indique que la tension secteur est comprise entre 176 V et 264 V.
P1 sert à ajuster le comparateur aux valeurs de seuil convenables.

Liste de matériels .

resistances

- R1 = 180 KΩ 1W
- R2 = 1KΩ 5W
- R3 = 4,7 KΩ 0,25W
- R4 = 100 KΩ
- R5 = 22 KΩ
- R6 = 5 KΩ
- R1 = 10 KΩ
- R7 = 10 KΩ
- R8 = 1KΩ
- R9 = 4,7 KΩ
- R10 = 1KΩ
- R11 = 1KΩ

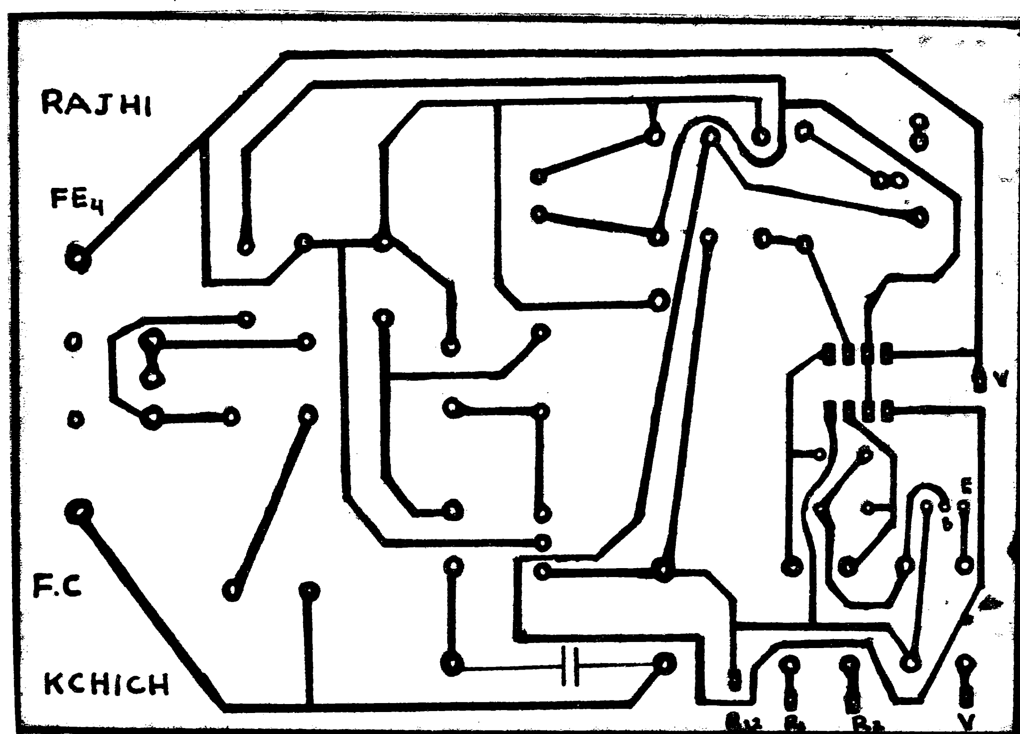
capacités

- C1 = 680 nF 400 V
- C2 = 100 μF 25 V
- C3 = 180 nF
- C4 = 10 μF 40 V

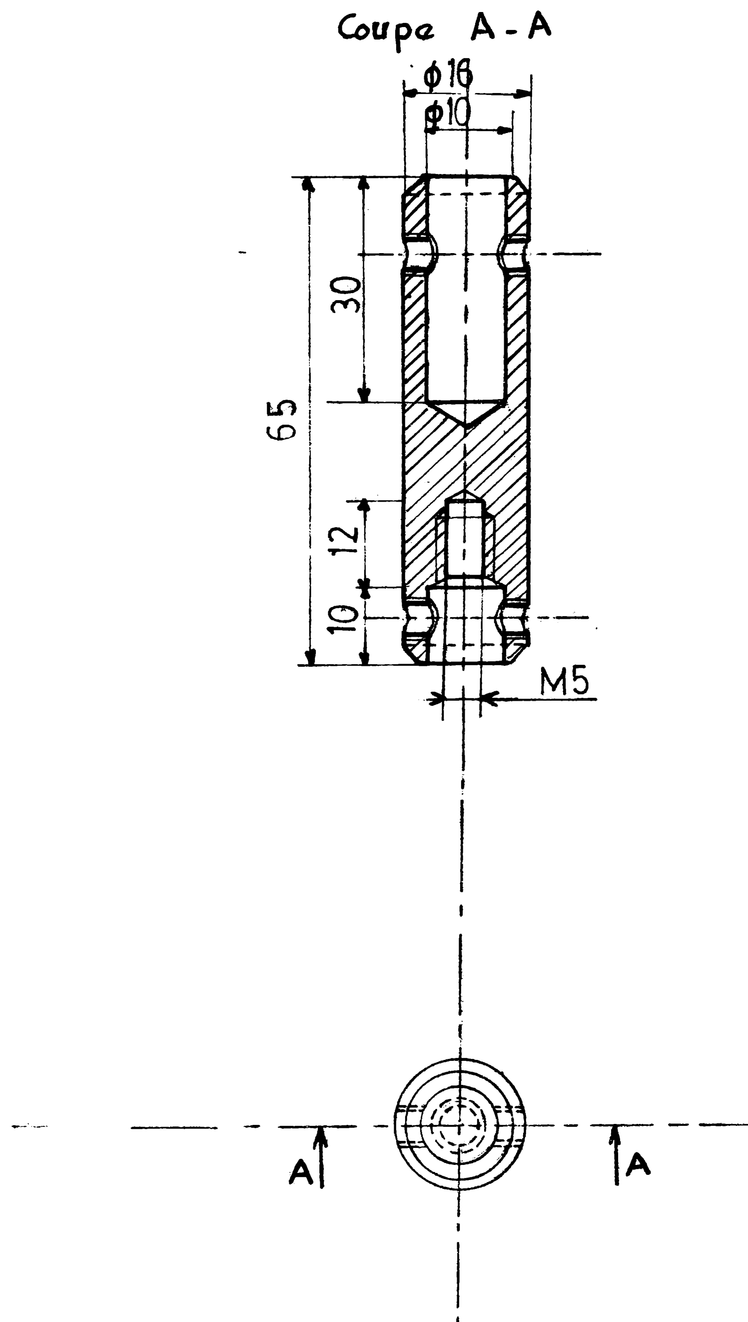
diodes

- D1 = diode zener 21 V 400 mW
- D2 = 1N 4001
- D5, D6 = 1N4148
- D7, D8 : diodes LED rouges
- D4 : " verte.

un regulateur 78L15
- Un comparateur LM 358 A1 = A2 = IC2

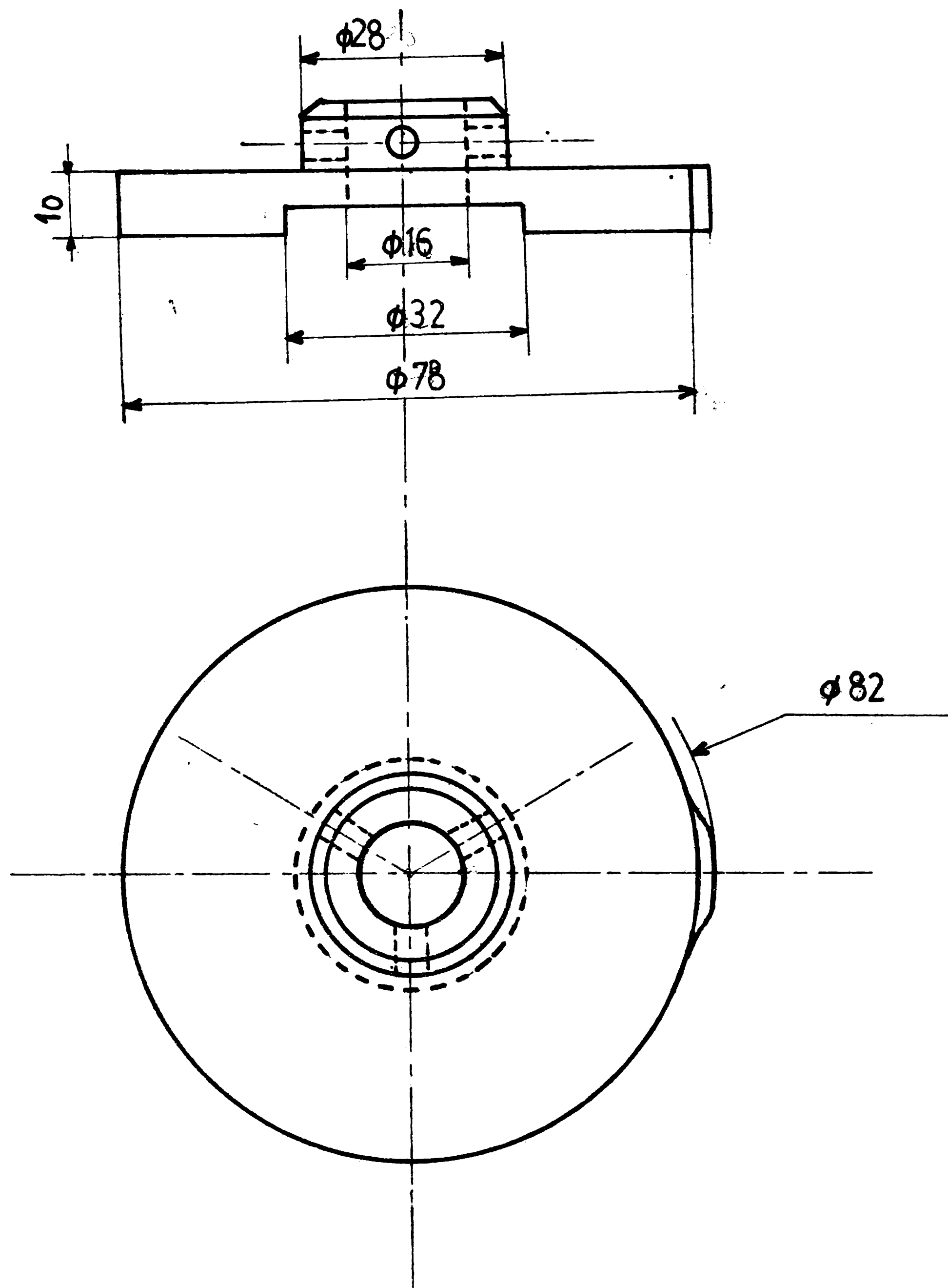

RAJHI
FE4
F.C
KCHICH
V
E
b
B2
V

Partie mécanique.



1	1	Accouplement		
REP	Nre	Désignation	Matière	Observations

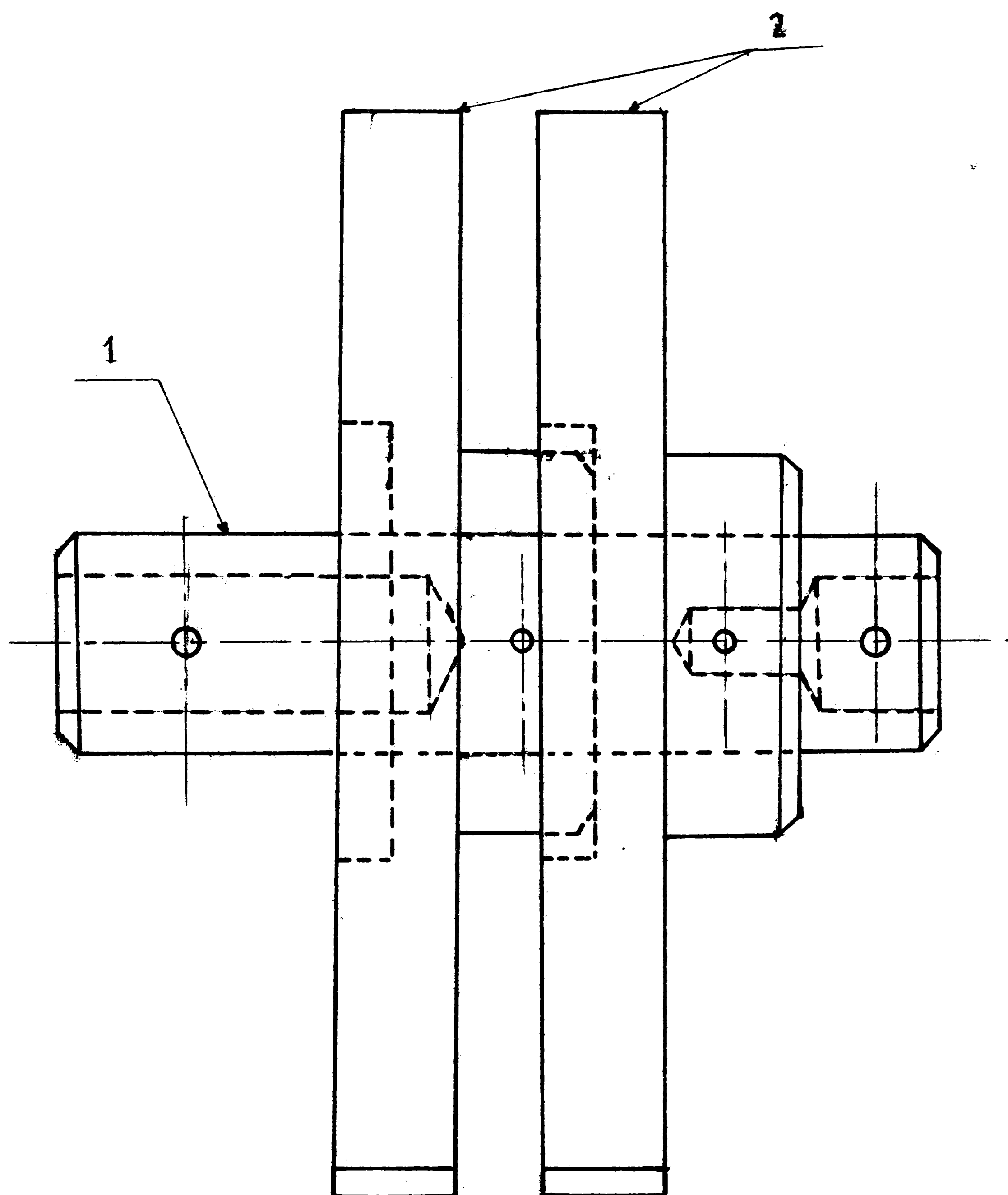
ENSET DE TUNIS	
MEMOIRE TECHNIQUE STABILISATEUR DE TENSION	Realisé par RAJHI + KCHICH FE4 Dérige par Mr SBAI



		Camme		
		Désignation	Matière	Observations

ENSET DE TUNIS

MEMOIRE TECHNIQUE	Dérige par Mer SBAI
STABILISATEUR DE TENSION	Réalise par KCHICH + RAIHI FE4



REP	Nre	Désignations	Matiere	Observations
2	2	Cammes		
1	1	Accouplement		

ENSET DE TUNIS

MEMOIRE TECHNIQUE

STABILISATEUR DE TENSION

Dérige par Mer: SBAI

Réalise par KCHICH+RAJHI FE4

Conclusion

Dans ce mémoire technique, nous avons étudié et réalisé un stabilisateur de tension.

Nous pouvons dire que la réalisation de notre mémoire nous a permis d'approffondir nos connaissances que ce soit sur le plan théorique que pratique, et ceci grace ā notre guide "M SBAI" que nous remercions.

Un tel stabilisateur est nécéssaire pour la protection de nos appareils. Il peut être utilisé pour la commande des appareils nécéssitant une tension stable, exemple ; ordinateurs télevisions, etc...

BIBLIOGRAPHIE

① Electronique tome 2

J-D. Chatelain

R. Dessoulavy

② L'Amplificateur opérationnel

R. Damye

③ Aide-mémoire d'electronique

B. Grabowski

④ Asservissements linéaire continus

F. de carfort

C. Foulard

⑤ Stabilisateur de tension (memoire de fin d'étude)

ENIT

⑥ ELEKTOR (Juillet/Août 1985)